This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

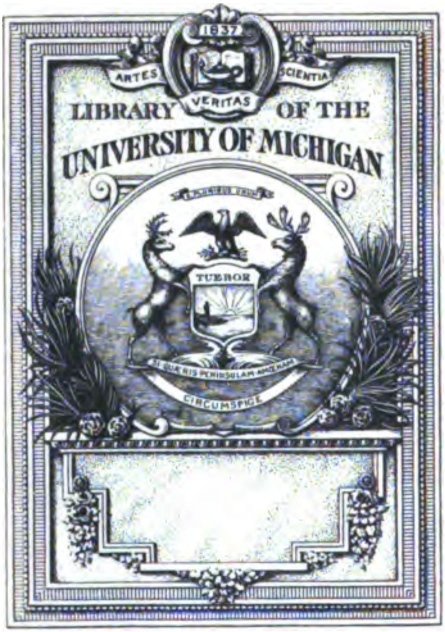
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

QC
19
.R681

Rochon, Alexis Marie de, 1741-1817

QC
19
.R681

RECUEIL
DE
MÉMOIRES
SUR
LA MÉCANIQUE
ET LA PHYSIQUE;

Par M. l'Abbé Rochon, *de l'Académie Royale des Sciences, & de celle de Marine.*

A PARIS,
Chez Barrois l'aîné, Libraire, Quai des Auguſtins,
du côté du Pont Saint Michel.

M. DCC. LXXXIII.

5-22-49
9¹149

PRÉFACE.

C'EST le Recueil de pluſieurs Mémoires lus aux Séances publiques & particulieres de l'Académie Royale des Sciences que je préſente aujourd'hui au Public.

J'avois deſſein d'entrer dans quelques détails ſur la conſtruction la plus avantageuſe des phares deſtinés à la ſûreté de la navigation le long des côtes du Royaume ; mais pour fixer les dimenſions qu'il faudroit leur donner, des expériences que je n'ai pas encore été à portée de faire ſont abſolument indiſpenſables. Je dois donc ſeulement me borner à faire obſerver que ſi les phares ont la forme d'une croix dont les dimenſions ſoient fixes & connues des Navigateurs, ma lunette à priſme, dont je donne dans cet Ouvrage une ample deſcription, pourroit ſervir dans ce cas à faire connoître & la diſtance du vaiſſeau au phare, & ſa poſition par rapport à la côte. En effet, la branche verticale de la croix formera un petit angle qu'on obſervera avec la lunette à priſme, & les dimenſions de la croix étant connues par l'Obſervateur, il en réſultera l'eſtimation de la diſtance avec le degré de préciſion néceſſaire aux beſoins de la navigation. Quant à la poſition du vaiſſeau par rapport au phare, c'eſt l'angle formé par la branche horizontale de la croix qui la détermine, dès que la diſtance eſt connue ; car, à diſtance égale du phare, l'angle horizontal ſera d'autant plus grand que le vaiſſeau approchera davantage de la perpendiculaire aux branches horizontales de la croix.

Il n'eſt peut-être pas inutile de prévenir le Lecteur que la lunette à priſme qui meſure avec une ſi grande préciſion les petits angles, peut ſervir à faire coïncider deux cercles diverſement colorés l'un ſur l'autre, de maniere qu'il n'en réſulte qu'un ſeul & unique cercle. Cette application, dont je n'ai fait aucune mention dans cet Ouvrage, m'a paru, par des expériences que j'ai faites récemment, avoir l'avantage de fixer avec plus de préciſion la couleur qui réſulte de deux mélanges de rayons hétérogènes. On peut même ſe flatter de répéter avec une extrême facilité toutes les expériences de ce genre indiquées par Newton.

J'euſſe déſiré ajouter à mes recherches la meſure préciſe du diamètre de la nouvelle planète découverte par M. Herſchel. Ma lunette à priſme qui amplifie les objets trois cents fois, m'en auroit procuré le moyen ; mais je n'ai pu faire juſqu'à ce jour qu'une ſeule obſervation, conjointement avec M. Mechain, laquelle a donné ſix à ſept ſecondes. La détermination d'un diamètre ſi petit exige un grand nombre d'obſervations : d'ailleurs on verra dans cet Ouvrage, que la conformation de l'œil s'oppoſe à la viſion diſtincte de très-petits objets ; ainſi, par cette ſeule cauſe, le diſque de la planète de M. Herſchel doit paroître mal terminé, à moins qu'on faſſe uſage dans cette détermination d'un téleſcope d'un pouvoir amplifiant extraordinaire. M. Herſchel dit qu'il fait groſſir ſix mille fois ſon téleſcope Newtonien. Ce groſſiſſement eſt étonnant ; cependant je penſe qu'il y a en général moins d'inconvéniens à forcer juſqu'à certaines limites le pouvoir amplifiant des téleſcopes, quand on les deſtine à obſerver des étoiles ou des objets exceſſivement petits, ſans cependant que ce groſſiſſement extraordinaire puiſſe convenir à Jupiter & aux autres planètes principales. Cette différence tiendroit alors uniquement à la conformation de l'œil, qui exige pour la viſion diſtincte une peinture ſur la rétine d'une certaine étendue.

L'utilité du diaſporamètre, dont j'ai donné dans cet Ouvrage la deſcription, ne s'étend pas ſeulement à la détermination des loix de la réfraction & de la diſperſion des rayons dans les ſubſtances réfringentes ; on peut l'employer avec ſuccès à l'examen des diſſolutions chimiques, dans la vûe de diſtinguer celles qui ſont de vraies diſſolutions, de celles qui ne paroiſſent tranſparentes qu'à cauſe de l'extrême petiteſſe des corps qui y ſont ſuſpendus. On ſent en effet que les diſſolutions n'ont pas la même réfraction que le diſſolvant, tandis que la force réfractive d'une liqueur ne paroît pas devoir être changée par le mélange des petits corps qui y nagent, ſans en troubler ſenſiblement la tranſparence. Toutes les diſſolutions de ſels qui ont été employés dans les expériences du diaſporamètre, ont été préparées dans le Laboratoire de M. le Duc de la Rochefoucault, dont on connoît le goût éclairé pour les Sciences, & le zèle pour leur progrès. La préciſion qu'il ſait mettre dans ſes travaux, & l'étendue de ſes lumières, ne peuvent laiſſer aucun doute ſur la pureté des ſubſtances employées dans ces diſſolutions.

Quant à la machine à graver, j'ai cru

devoir ajouter un eſſai de ce genre de gravure, à la deſcription que j'en donne dans ce Recueil. Je crois encore devoir placer ici un paſſage de M. de Voltaire ſur la méthode d'imprimer, des Chinois, qui n'eſt, comme on ſait, qu'une eſpece de gravure. On verra que cet homme célèbre reconnoiſſoit que la gravure avoit, à certains égards, des avantages importans ſur l'imprimérie à lettres mobiles, & ces avantages ſont communs à la machine que j'ai imaginée.» La méthode » de graver ſur planches des Chinois, nous » paroît avoir de grands avantages ſur la » nôtre : premièrement, le Graveur qui » imprime, n'a pas beſoin d'un Fondeur ; » ſecondement, le Livre n'eſt pas ſujet à » périr, la planche reſte ; troiſièmement, » les planches ſe corrigent aiſément après » l'impreſſion ; quatrièmement, le Graveur » n'imprime qu'autant d'exemplaires qu'on » lui en demande, & par-là on épargne » cette énorme quantité d'imprimés, qui » chez nous ſe vendent au poids pour ſer» vir d'enveloppe aux ballots «.

J'ai rendu compte, dans cet Ouvrage, des moyens que j'ai imaginés pour diſpenſer les Navigateurs des calculs qui juſqu'à préſent ont été indiſpenſables pour déterminer à la mer la longitude par l'obſervation de la lune au ſoleil, ou aux étoiles. Depuis que j'ai exécuté l'inſtrument, j'ai encore ſimplifié la méthode, & je l'ai rendue rigoureuſe, de manière que l'Obſervateur prend directement la diſtance vraie des deux aſtres, ſans que la parallaxe & la réfraction puiſſe en aucune manière influer ſur la diſtance obſervée. Pour remplir cet objet, j'ai adapté des priſmes variables devant le grand & le petit miroir du quartier de réflexion. Le niveau de la nouvelle conſtruction qui ſert à indiquer la poſition qu'ils doivent avoir relativement au plan qui paſſe par les deux aſtres & par l'œil, eſt pour cet effet adapté au quartier de réflexion qui ſert à meſurer la hauteur des aſtres, & à indiquer la poſition qu'il faut donner aux deux priſmes, & l'angle qui produit un effet oppoſé à l'effet combiné de la parallaxe & de la réfraction.

L'Obſervateur, chargé de meſurer la diſtance, prend la diſtance vraie au lieu de l'apparente qu'il auroit immanquablement ſans les deux priſmes variables qui, par leurs poſitions verticales, quel que ſoit le plan qui paſſe par l'œil & par les deux aſtres, remettent néceſſairement les aſtres à leur véritable place, ſi toutefois le niveau a bien indiqué la poſition qu'il faut donner aux priſmes pour qu'ils ſoient dans cette poſition.

Avant de finir cette Préface, je crois devoir faire part au Public d'un travail dont j'ai déjà entretenu l'Académie il y a près de quatre ans : cette recherche a pour objet la diſtillation dans le vide. Je n'occuperai pas le Lecteur des moyens faciles de faire le vide par le plein, par le feu, par des pompes en forme de ſoufflets, ou enfin par la machine pneumatique. Ces moyens ſont ſi connus ou ſi faciles à imaginer, que je dois me borner dans ce Précis à expoſer ſuccinctement la théorie qui prouve combien il eſt avantageux de préférer, dans la diſtillation, des vaiſſeaux entiérement privés d'air. J'ajouterai qu'un grand nombre d'expériences confirme complétement cette théorie. Elles ſeront le ſujet d'un Ouvrage particulier, que je ne puis encore me flatter de publier que dans quelques années, parce qu'il faut les faire en grand. L'expérience avoit appris aux Phyſiciens, que l'eau entroit en ébullition ſous le récipient de la machine pneumatique à un foible degré de chaleur. Cette connoiſſance devoit ſans doute les engager à porter leurs vûes ſur les moyens d'en faire uſage pour perfectionner l'art utile de la diſtillation : mais ce fait a eu le ſort commun à tant d'autres expériences, celui de préſenter un phénomène curieux, ſans qu'on ait imaginé d'en tirer avantage. Il étoit réſervé à un homme illuſtre, dont la poſtérité admirera la ſageſſe & le génie, de porter dans ſa retraite ſes vûes bienfaiſantes ſur un objet qui, dans la ſuite des temps, peut devenir utile au Public : car, en France plus que dans tout le reſte de l'Europe, la diſtillation des eaux-de-vie eſt une branche de richeſſe importante, & l'art de les améliorer & d'y porter l'économie, eſt digne d'une adminiſtration éclairée.

C'eſt à l'article EXPANSIBILITÉ du Dictionnaire Encyclopédique, que M. Turgot a jeté les premiers fondemens des vrais principes de cette partie importante de la Phyſique & de la Chimie. Cet article renferme des idées ſi neuves & ſi profondes, que les ſavans Éditeurs de ce Dictionnaire ont ſouvent confondu la vaporiſation avec l'évaporation, quoique M. Turgot ſe ſoit principalement attaché à prouver que ces deux phénomènes avoient des effets très-différens. En effet, qu'eſt-ce que la vaporiſation ? c'eſt la ſéparation des élémens des corps en particules déliées, opérée par une force produite ou développée par une chaleur plus ou moins grande. Cette force répulſive & inconnue occaſionne dans certaines ſubſtances les effets les plus redoutables ; c'eſt elle qui cauſe ces exploſions ſubites & terribles qui briſent en un clin d'œil les obſtacles qui réſiſtent à ſon expanſibilité. La détonnation de la poudre à canon, celle plus étonnante encore de l'or fulminant, ſont, ſelon toute vraiſemblance, des phénomènes de la vaporiſation. Mais pour ſe former une idée plus ſimple de la force expanſive des corps qui ſont réduits dans l'état de vapeur, il ſuffit de conſidérer les effets ſi connus de la vapeur de l'eau bouillante : cette vapeur ſi active & ſi pénétrante réduit en gelée les os les plus compacts, ſa force dans la pompe à feu ſurpaſſe celle de tous les agens dont l'homme a ſu ſe rendre maître pour élever les eaux, & nous eſpérons prouver dans un Mémoire, uniquement conſacré à cet objet, que la Mécanique peut ſe flatter encore de retirer d'autres avantages de cet agent puiſſant.

Mais ne perdons pas de vue pour ce moment les cauſes qui ſuſpendent ou qui arrêtent, dans les corps ſolides & fluides, l'état de vaporiſation. Le feu, qui déſunit tout & donne la fluidité aux corps les plus réfractaires, ſépare par degrés les élémens des corps, en leur communiquant une expanſibilité relative à leur nature; de là leur décompoſition en particules déliées, qui ſe ſubliment ou ſe volatiliſent. Les ſeuls obſtacles qui s'oppoſent à cette analyſe, ſont la cohérence des parties, leur poids, & la peſanteur de l'air qui les comprime: ainſi le degré de feu néceſſaire pour réduire, par exemple, l'eau dans l'état de vapeur, doit être plus grand à l'air libre que dans des vaiſſeaux privés d'air; cette remarque eſt conforme à l'expérience, car les Phyſiciens ont reconnu que l'ébullition de l'eau varioit ſelon la hauteur du baromètre, & qu'il falloit que le thermomètre de Réaumur indiquât à peu près quatre-vingts degrés, pour que l'eau fût bouillante à l'air libre, tandis que dans le vide, la chaleur de vingt-cinq degrés du même thermomètre ſuffit pour la faire entrer en ébullition, par conſéquent l'air s'oppoſe à la vaporiſation; donc il eſt très-économique & très-avantageux de faire certaines analyſes dans des vaiſſeaux privés d'air. Mais ſi M. Turgot a fait voir d'une manière palpable que l'air eſt un obſtacle à la vaporiſation, il n'a pas moins clairement prouvé que cet élément eſt néceſſaire à l'évaporation. Il a fait plus, il a montré que l'évaporation d'une ſubſtance eſt due à ſon union chimique avec l'eau qui la tient en diſſolution (*). En effet la glace éprouve à l'air libre une évaporation ſenſible; mais cette déperdition de l'eau, devenue ſolide par l'état de congélation, prouve évidemment que l'air, qui eſt en contact avec la ſurface de la glace, a aſſez d'action ſur elle pour la diſſoudre. Or le caractère diſtinctif d'une diſſolution parfaite eſt, ſelon les Chimiſtes, la tranſparence; par conſéquent l'air tient en parfaite diſſolution les ſubſtances hétérogènes qui s'élèvent perpétuellement dans l'atmoſphère par la voie de l'évaporation, puiſque ſa tranſparence n'en eſt point ſenſiblement altérée. Tel eſt en peu de mots le raiſonnement qui a dévoilé à M. Turgot le principe de l'évaporation, principe qui a été depuis confirmé par pluſieurs expériences déciſives; ainſi la théorie de M. Turgot eſt

---

(*) Voyez ſur ce ſujet un excellent Mémoire de M. le Roy, Docteur de la Faculté de Montpellier, imprimé dans les Mémoires de l'Académie, année 1751.

générale, elle réſout toutes les difficultés, ou plutôt elle n'en permet pas de plauſibles.

Dès qu'on eſt certain que la vaporiſation eſt la ſéparation des élémens des corps par la chaleur, & que l'évaporation d'une ſubſtance eſt l'union chimique de cette ſubſtance avec l'air, on ne peut plus craindre de confondre les effets qui appartiennent à l'un & à l'autre de ces deux principes; mais cette diſtinction eſt indiſpenſable pour procéder avec exactitude & ſûreté dans les analyſes chimiques. On ſent que la méthode de diſtiller dans le vide, en réduiſant preſque à rien la quantité de charbon néceſſaire pour la diſtillation, permettra de faire ſur les vaiſſeaux un uſage habituel d'eau diſtillée. Des diſtillations de différentes eſpèces de vins, faites chez M. Turgot, par cette méthode, nous ont prouvé auſſi que l'on parvenoit, en l'employant, à ſéparer les différens produits de l'analyſe, avec une exactitude & une préciſion auxquelles la méthode ordinaire ne pourroit atteindre.

Fin de la Préface.

EXPLICATION DES PLANCHES

qui ſe trouvent dans cet Ouvrage.

DANS les Planches 1 & 2, il n'y a que la Figure 30 à expliquer ; c'eſt le deſſin du thermomètre à air qui nous a ſervi dans les Expériences, dont l'objet étoit de meſurer les différens degrés de chaleur des rayons colorés.

Dans les Planches 3 & 4, la Figure 23 repréſente la lunette à priſme, avec ſon développement. La Figure 24 offre le priſme variable de Newton, adapté à une lunette. La Figure 25 eſt le deſſin de l'inſtrument deſtiné à meſurer de grands angles par des priſmes de verre. Les Figures 26, 27, 28, 29 ſont des priſmes & des objectifs de différentes formes.

Les Planches 5 & 6 repréſentent le diaſporamètre, avec le développement de toutes les parties qui le compoſent.

Les Figures 10 & 11 repréſentent l'effet de la double réfraction du criſtal de roche & d'Iſlande dans le ſens horizontal & dans le ſens vertical. La Figure [illegible]3, montre la forme extérieure du corps de la lunette ; A, le priſme ; B, cercle diviſé dans lequel il eſt encadré ; F, tuyaux d'oculaire ; H, manivelle qui fait mouvoir le cercle, & par conſéquent le priſme ; G, mouvement pour rendre l'effet du priſme ſtationnaire ; I, ſupport du diaſporamètre.

Le cercle BD, qui porte le priſme A, a une raînure ou fente demi-circulaire GE, pour laiſſer paſſer l'index D ; BEB, profil de ce cercle, & différentes poſitions de priſmes a, r, s, qui réſultent du mouvement circulaire.

La Planche 6 repréſente les pièces qui donnent aux deux priſmes le mouvement circulaire qui leur eſt néceſſaire ; BB eſt le cercle diviſé qui porte le premier priſme ; CHN, eſt la plaque intérieure, laquelle eſt dentée aux deux tiers de ſa circonférence, & porte le ſecond priſme ; HN eſt le pignon d'engrainage par la manivelle G ; DD eſt le profil des cercles DC, OD, qui portent les priſmes ; & OKH, TKG, font voir la manière dont elles ſont mûs.

Les Planches, 7, 8, 9, 10 concernent la machine à graver.

La Planche 7 offre la perſpective de la machine.

La Planche 8, le plan géométral de cette machine.

AAAA eſt le deſſus de la table qui ſupporte toute la machine.

BB eſt la partie ſupérieure de la roue qui porte les poinçons.

C eſt la tête de la vis de preſſion, laquelle a la forme d'un barillet; ce barillet communique aux poulies de renvoi D, D, par deux chaînes; la première de ces poulies D, porte un limaçon F, qui a une gorge pour renfermer une chaîne qui porte de poids : ce limaçon, à cauſe de ſon excentricité, fait l'effet d'un levier variable.

La ſeconde poulie D a auſſi une petite poulie E, avec une chaîne à laquelle eſt attaché le contre-poids.

H eſt la règle ou le tableau des lettres, dont * eſt l'indicateur.

I, cercle diviſé, avec pluſieurs index pour fixer la longueur des lignes.

K, manivelle qui ſert à faire mouvoir la roue par le moyen d'un pignon & de la roue dentée P.

LN, manivelle ou levier coudé, qui ſert à faire dégager de la grande roue la dent M en forme de coin, qui l'arrête dans la poſition qu'elle doit avoir.

La Planche 9 repréſente le profil géométral de la machine.

La Planche 10 repréſente l'élévation de la machine vue de face.

Les pièces R, S, T, V, Z, &c, ſervent à faire mouvoir la Planche dans les deux ſens, pour former les mots & les lignes.

EXTRAIT DES REGISTRES DE L'ACADÉMIE

Du Mercredi 22 Novembre 1782.

MM. l'Abbé Bossu & de Condorcet ayant rendu compte d'un Ouvrage de M. l'Abbé Rochon, intitulé *Recueil de Mémoires ſur la Mécanique & la Phyſique*; l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de ſon Approbation & d'être imprimé ſous ſon privilége.

En foi de quoi j'ai ſigné le préſent certificat. A Paris, ce 7 Décembre 1782. Le Marquis de Condorcet, Secrétaire perpétuel.

ESSAI

SUR LA MESURE DES ANGLES par des Priſmes de cryſtal de roche & de verre : Détermination des diamètres des Planètes par ces méthodes ; & différentes Recherches qui concernent principalement l'analyſe des Couleurs, & les Lunettes Achromatiques.

SOIT qu'on regarde la lumière comme un fluide répandu dans l'Univers, ou qu'on la ſuppoſe émaner des corps lumineux ; on peut toujours conſidérer chaque particule d'un corps, ou lumineux par lui-même, ou jouiſſant d'une lumière empruntée, comme le centre d'un atmoſphère lumineux. La projection des ombres & la privation de lumière, cauſées par l'interpoſition d'un objet opaque entre l'œil & le corps lumineux, prouvent que chaque filet de lumière ſuit la ligne droite ;

& parce qu'il eſt en même temps rayon de la ſphère lumineuſe qui entoure chaque point, les Opticiens lui ont donné le nom de *rayon de lumière.*

Lorſqu'un rayon de lumière vient à rencontrer obliquement un corps, il eſt détourné de ſa route, même avant de le toucher.

Ce corps peut être liſſe ou raboteux, perméable à la lumière ou imperméable. S'il eſt liſſe & imperméable à la lumière, le rayon lumineux ſe réfléchit, de manière que l'angle de réflexion eſt égal à celui d'incidence.

Telle eſt la loi qui s'obſerve invariablement dans les miroirs, quelle que ſoit leur forme; & ce principe ſert uniquement de baſe à cette partie de l'Optique, déſignée par le nom de *Catoptrique.*

Mais ſi le corps dont il eſt mention eſt perméable à la lumière, alors le rayon lumineux change de direction en le traverſant; & l'expérience a fait connoître que les ſinus des angles d'incidence & de réfraction étoient dans un rapport à-peu-près conſtans. De-là cette ſeconde branche de l'Optique, connue ſous le nom de *Dioptrique.*

Les différens corps diaphanes ou tranſparens, ſoit ſolides ou fluides, que les Phyſiciens comprennent ſous le terme générique de *milieu*, ſont du reſſort de la Dioptrique. Quant aux corps raboteux, ils réfléchiſſent la lumière dans tous les ſens, tellement qu'ils font, à l'égard de nos yeux, le même effet que les corps lumineux par eux-mêmes. On peut donc les conſidérer ſous le même aſpect : en cela ils diffèrent bien eſſentiellement d'un miroir, ou d'un milieu qui ſeroit abſolument *inviſible*, s'il *réfléchiſſoit* ou réfractoit régulièrement toute la lumière qui tombe ſur ſa ſurface.

De la Réfraction.

Les angles d'incidence & de réfraction ſont dans un ſeul & même plan.

Lorſqu'un rayon paſſe d'un milieu plus rare dans un milieu plus denſe, la réfraction ſe fait en approchant de la perpendiculaire; d'où l'on voit que l'angle de réfraction ſe trouve, en ce cas, moindre que celui d'incidence.

Quand la réfraction ſe fait de l'air dans l'eau, l'expérience nous apprend qu'alors le ſinus d'incidence eſt au ſinus de réfraction, comme 133 à 100 : mais lorſque la réfraction ſe fait de l'air dans le verre ordinaire, les ſinus d'incidence & de réfraction ſont ſenſiblement comme 155 à 100. Si un rayon de lumière traverſe un milieu, & que les deux ſurfaces traverſées par ce rayon ſoient parallèles entr'elles, alors le rayon émergent ſort parallèle à l'incident.

Mais ſi les deux ſurfaces ſont inclinées, il eſt palpable que le rayon émergent fera un angle avec le rayon incident.

Des Priſmes.

Les Opticiens nomment *priſme* tout milieu dont les deux ſurfaces ſont inclinées, & angle du priſme l'inclinaiſon que les deux ſurfaces ont entr'elles.

On ſent qu'on peut donner la forme priſmatique même aux milieux fluides ; il ſuffit pour cela de les recevoir dans des vaſes priſmatiques de verre.

Ces priſmes fluides ont eu pendant longtemps ſur les priſmes de matières ſolides, l'avantage d'être ſuſceptibles de variation ; car en rendant mobiles les deux plaques de verre qui entrent néceſſairement dans la conſtruction du vaſe priſmatique, deſtiné à recevoir la liqueur, leurs différentes inclinaiſons donnent au priſme fluide l'angle convenable aux expériences qu'on ſe propoſe.

◆

On doit à feu M. Clairaut d'avoir conçu le premier la poſſibilité d'un priſme ſolide à angle variable.

Ce grand Géomètre dit (dans un Mémoire lu à l'Aſſemblée publique du 8 Avril 1761 (*a*)) que, pour avoir un priſme de verre ſuſceptible de variation, il rendit cylindrique la ſurface d'un de ſes priſmes.

C'eſt en ſuppoſant le cercle un polygone d'une infinité de côtés, qu'on peut ſe permettre d'envisager un ſegment cylindrique comme un aſſemblage de petits priſmes, dont les angles ſont d'autant plus grands qu'ils s'éloignent du milieu du ſegment.

Cette ſuppoſition exige donc que la fente, par laquelle on introduit la lumière ſur le ſegment cylindrique, ſoit, dans le ſens de l'arc, ſi petite qu'elle ſe confonde ſenſiblement avec la ligne droite, tandis que ſa longueur, dans le ſens de l'axe du cylindre, eſt illimitée.

On peut encore, au lieu de priſmes cylindriques, faire uſage de priſmes ſphériques; mais alors l'ouverture du priſme eſt également petite dans tous les ſens. Cette conſtruction, qui eſt due au Pere Abat,

---

(*a*) Memoires de l'Académie, année 1756, page 350.

n'ajoute donc rien à l'idée ingénieuſe de M. Clairaut.

Ces ſegmens cylindriques ou ſphériques ſont des priſmes d'un uſage fort limité. J'imaginai de leur ſubſtituer deux priſmes égaux, qui, par leur poſition reſpective, donnent tous les angles compris depuis zéro juſqu'au double de chacun en particulier.

En effet, ſoit un priſme de verre de quatre pouces de long ſur deux pouces de large, & d'un angle de trente degrés, ce verre coupé par le milieu donne deux priſmes égaux de trente degrés chacun.

Au lieu de la forme quarrée, on leur donne une forme circulaire, pour rendre l'appareil moins volumineux. Lorſqu'on poſe ces deux priſmes l'un ſur l'autre, ils ne font plus que l'effet d'un ſeul priſme; mais on a l'avantage, en les tournant l'un ſur l'autre, d'en varier l'angle à volonté; car, lorſque la baſe de l'un répond au ſommet de l'autre, leurs ſurfaces extérieures deviennent parallèles; quand au contraire la baſe de l'un répond à la baſe de l'autre, ainſi que leur ſommet, alors les deux ſurfaces extérieures font un angle de ſoixante degrés : ainſi le mouvement circulaire de deux priſmes l'un ſur l'autre, repréſente un ſeul priſme dont l'angle eſt variable. On ſent que dans cette conſtruction l'ouverture eſt illimitée, ce qui donne à ce priſme composé une ſupériorité bien grande ſur les priſmes cylindriques ou ſphériques. Ce fut le 24 Février 1776, que je fis connoître à l'Académie cette eſpèce de priſme. Mais avant d'entrer à ce ſujet dans plus de détail, il n'eſt pas inutile de mettre *ici ſous les yeux du* Lecteur les principaux uſages du priſme ordinaire.

Cet inſtrument a ſervi à faire connoître à Newton la force réfringente des milieux, & la différente réfrangibilité des rayons de lumière : mais avant de l'employer à ces recherches, il faut connoître l'angle du priſme avec préciſion. Smith dit qu'il ſuffit de diſpoſer ſur une table bien dreſſée deux règles, juſqu'à ce qu'elles co-incident avec les côtés du priſme : deux lignes tracées ſelon leur direction, donnent l'angle, dont on prend la meſure, par un rapporteur bien diviſé.

Il me ſemble que la réflexion de la lumière, par chaque ſurface du priſme, donneroit plus de préciſion ; mais je préfère de faire tailler exactement les priſmes ſelon l'angle qu'il convient de leur donner.

Cette méthode eſt d'une pratique facile ; & elle eſt certainement très - commode. Quoique la réfraction ſoit non-ſeulement en raiſon de l'angle du priſme, mais encore de l'incidence plus ou moins grande de la lumière ſur leur ſurface, on peut éviter les variations qui réſultent des différentes incidences, en rendant l'angle que les rayons incidens font avec la première ſurface du priſme, égal dans tous les cas à celui que les rayons émergens font avec la ſeconde ſurface. Pour remplir cette condition, Newton a fait mouvoir ſon priſme juſqu'à ce que l'objet lui parût ſtationnaire. En effet, lorſqu'on regarde un objet par un priſme, dont l'axe eſt horizontal & le ſommet de l'angle dirigé vers la terre, la réfraction cauſée par le priſme fait paroître l'objet plus bas qu'il n'eſt réellement, & la différence entre la hauteur apparente & la hauteur réelle donneroit, dans ce cas, l'effet de la réfraction. Mais nous avons dit qu'un changement dans l'incidence de la lumière ſur la ſurface du priſme, augmenteroit ou diminueroit la réfraction : il eſt donc une poſition du priſme où la différence entre les hauteurs apparentes & réelles eſt la plus petite poſſible. Or, l'expérience fait trouver promptement cette poſition, qui eſt telle, que les rayons incidens & émergens font avec les ſurfaces du priſme des angles égaux. Tous les Livres d'Optique le démontrent, & Newton a fait voir que dans cet état le priſme change les dimenſions de l'objet moins que dans toute autre poſition. Soit ABC (*fig.* 1) l'angle que les deux ſurfaces d'un priſme de verre ordinaire ABC font entr'elles, ſoit *fd* le rayon qui traverſe le priſme, & ſoit enfin le rapport des ſinus d'incidence au ſinus de réfraction, en paſſant du verre dans l'air comme 100 à 155; ſuppoſons l'angle ABC de vingt degrés, & que les rayons incidens & émergens faſſent, avec les ſurfaces AB, BC de ce priſme, des angles égaux: il eſt palpable que dans ce cas le triangle *f*B*d* ſera iſocelle, puiſqu'il faut que le rayon *fd* qui traverſe le priſme ait la même inclinaiſon ſur les deux côtés AB & BC, ſans quoi les réfractions, à l'entrée & à la ſortie de chaque ſurface, ſeroient inégales, ce qui ſeroit contre l'hypothèſe.

L'angle ABC ou *f*B*d*, étant de vingt degrés, les angles *df*B & *fd*B ſeront néceſſairement de quatre-vingt degrés; donc l'angle d'incidence du rayon *fd* qui traverſe le priſme, ſera de dix degrés avec la perpendiculaire à chaque ſurface A B, B C.

Or, le ſinus de l'angle d'incidence, qui eſt de dix degrés, ſera au ſinus de l'angle de réfraction, que l'on cherche comme 100 à 155; donc cet angle de réfraction ſera de 15 d. 36 m.; donc les rayons incidens & émergens font, avec les perpendiculaires aux ſurfaces du priſme, deux angles égaux de 15 d. 37 m. chacun; donc l'effet de la réfraction, produit par le priſme, eſt égal au double de l'angle de 15 d. 37 m. dont on retranchera l'angle du priſme qui eſt de 20 d.: par conſéquent la réfraction dans un priſme de verre d'un angle de 20 d., eſt de 11 d. 14 m. à-peu-près: en prenant la différence dans les hauteurs d'un objet vu directement & par le priſme, ce qui eſt très-facile avec un graphomètre ou un quart de cercle, on trouveroit cette même réfraction: ainſi connoiſſant l'angle du priſme & la réfraction par expérience, on aura le rapport des ſinus d'incidence & de réfraction qui ont lieu dans les différens milieux fluides & ſolides. Tel eſt l'objet que je me ſuis propoſé dans la table qui ſe trouve à la fin de cet Ouvrage, & qui diſpenſe du calcul, dont nous venons de donner un exemple.

Si dans le triangle *f* B *d*, l'angle B *fd*, au lieu d'être de 80 d. étoit de 90 d., l'angle B *d f* deviendroit néceſſairement de 70 d., l'angle du priſme *f* B *d* reſtant toujours de 20 d. : le rayon *d f*, en ſortant du priſme par la ſurface A B, ne ſe réfractera pas, puiſqu'il eſt perpendiculaire à cette ſurface; mais ce même rayon *ſortant par l'autre ſurface* B C, aura une réfraction conſidérable, & on la déterminera par cette proportion : le ſinus de l'angle d'incidence, qui eſt de 20 d., eſt au ſinus de l'angle de réfraction, qui eſt l'angle cherché, comme 100 eſt à 155; donc l'angle que ce rayon fait avec la perpendiculaire à la ſurface B C, eſt de 32 d. à-peu-près : ſi l'on retranche de 32 d. l'angle du priſme qui, comme nous l'avons déjà dit, eſt de 20 d., il reſtera pour la différence, entre la hauteur réelle de l'objet & ſa hauteur apparente 12 d. à-peu-près.

Si l'angle B *f d*, au lieu d'être de 90 d. étoit de 70 d., l'angle B *d f* deviendroit de 90; ainſi la réfraction ſeroit la même dans ce ſecond cas : d'où l'on voit que la réfraction augmente à raiſon de l'inégalité des angles B df & B fd, & qu'ainſi il faudroit connoître cette inégalité pour déterminer ou la réfraction, ou les pouvoirs réfringens des milieux.

Il eſt inutile de nous arrêter plus long-temps ſur l'utilité d'avoir la réfraction proportionnelle à l'angle du priſme, ſans être obligé d'avoir égard à l'incidence de la lumière ſur la ſurface du priſme: auſſi Newton a-t-il choiſi cette poſition déterminée du priſme, principalement dans l'analyſe qu'il a donnée des couleurs, & dont nous allons nous occuper.

Je préſentai à l'Académie, le 13 Mars 1776, un Eſſai ſur le même ſujet; je crois devoir ici le rendre mot pour mot, tel enfin que je l'ai lu à la ſéance du 20 Mars, parce qu'on y a trouvé des aſſertions qui ont éprouvé de grandes oppoſitions. Les Réflexions qui ſe trouveront à la ſuite de cet Eſſai, ſerviront à redreſſer les articles qui ſont ſuſceptibles de conteſtations, & jeteront peut-être un nouveau jour ſur ce ſujet.

⁂

RECHERCHES

Sur la nature de la lumière des Etoiles fixes,

Préſentées, le 13 Mars 1776,

A L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES;

Lues le 20 Mars.

CE fut Newton qui nous apprit le premier, que la lumière émanée du Soleil, étoit compoſée de rayons différemment réfrangibles.

Le priſme, cet inſtrument ſi ſtérile dans les mains des Phyſiciens qui l'avoient précédé, lui ſervit à faire l'analyſe de la lumière & des couleurs. Dès que Newton eut tracé, dans ſon Traité d'Optique, la route qui l'avoit conduit à ſes immortelles découvertes, les Phyſiciens s'empreſsèrent de répéter les expériences qu'il indiquoit.

Ceux qui crurent l'avoir trouvé en défaut dans quelques expériences délicates, furent bientôt redreſſés par ceux qui y avoient porté plus de ſoin; de ſorte que juſqu'en 1755, année où M. Klingentierna jeta des doutes ſur les loix de réfraction, établies par ce grand Géomètre, aucune de ſes expériences n'avoit ſouffert la plus légère atteinte.

La propoſition de Newton, conteſtée par M. Klingentierna, eſt énoncée en ces termes, dans ſon Traité d'Optique, Edition Françoiſe, page 145.

» J'ai trouvé, dit Newton, que lorſque
» la lumiere paſſe de l'air à travers dif-
» férens milieux contigus, réfringens,
» comme à travers l'eau & le verre, &
» repaſſe de là dans l'air, ſoit que les
» ſurfaces réfringentes ſoient parallèles
» ou inclinées l'une & l'autre; j'ai trouvé,
» dis-je, que toutes les fois que cette lu-
» mière eſt redreſſée par des réfractions
» contraires, de telle manière qu'elle
» ſorte en lignes parallèles à celles ſelon
» leſquelles elle étoit tombée, elle reſte
» enſuite toujours blanche; mais que ſi
» les rayons émergens ſont inclinés aux
» incidens, la blancheur de la lumière
» émergente devient par degré colorée
» dans ſes extrêmités, à meſure qu'elle
» s'éloigne du lieu de ſon émerſion; c'eſt
» de quoi j'ai fait l'épreuve, en rom-
» pant la lumière avec des priſmes de
» verres enchaſſés dans un vaſe priſma-
» tique plein d'eau. »

Les doutes de M. Klingentierna, ſur

cette propoſition, engagèrent M. Dollond à répéter l'expérience de Newton. M. Dollond trouva un réſultat différent de celui de ce grand Géomètre ; & par-là l'obſtacle qui arrêtoit les Opticiens dans la conſtruction de lunettes plus parfaites, fut abſolument levé.

Ainſi une expérience manquée par Newton, a arrêté juſqu'en 1759 les progrès de la Dioptrique ; & ce qui n'eſt peut-être pas moins ſurprenant, c'eſt que Newton, ſi ſoigneux à décrire & à varier les expériences intéreſſantes, ſe ſoit ſi peu étendu ſur celle-ci.

Lorſqu'on rompt la lumière avec des priſmes de verre, enchaſſés dans un vaſe priſmatique plein d'eau, on peut obſerver que toutes les fois que les rayons émergens ſont parallèles aux incidens, la décompoſition de la lumière eſt toujours en raiſon de la différence des pouvoirs réfringens des milieux & de la grandeur des angles des priſmes : or, ſi la différence dans la diſperſion produite par chaque milieu n'eſt pas grande, les franges de couleurs dont l'image du Soleil eſt bordée, échappent à la vue ſimple, à moins que les angles des priſmes ne ſoient très-conſidérables. Mais ſi cet examen ſe fait par le téleſcope armé des mêmes priſmes, les franges de couleurs inſenſibles à la vue, deviennent en ce cas d'autant plus ſenſibles que le pouvoir amplifiant du téleſcope eſt plus grand.

Le moyen que j'ai employé avec ſuccès, à la détermination préciſe du rapport de diſperſion dans des verres de denſités différentes, peut s'appliquer également aux autres expériences de ce genre, indiquées par Newton; & ſi la décompoſition de la lumière, examinée au téleſcope, préſente des phénomènes qui n'aient pas été apperçus, dois-je craindre de les rapporter, quand ils ſeroient même en oppoſition avec les aſſertions les plus généralement adoptées, puiſque l'effet obtenu par cette voie, eſt à l'effet produit par les méthodes ſuivies juſqu'à ce jour, comme la grandeur apparente d'un objet vu par un téleſcope, eſt à la grandeur apparente du même objet, vu directement? S'il reſte encore quelques doutes ſur ce ſujet, les recherches ſuivantes ſur l'analyſe de la lumiere des étoiles fixes, ſeront, je penſe, plus que ſuffiſantes pour les diſſiper.

La difficulté de ſe procurer dans la chambre la plus obſcure, un ſpectre aſſez vif & aſſez étendu pour diſtinguer les différentes couleurs qui réſultent de la décompoſition de la lumiere de l'étoile la plus brillante, me fit imaginer d'employer à cette recherche le téleſcope armé de priſmes de différens angles & de différentes denſités. Mon téleſcope amplifie les diamètres des objets quarante fois, & les priſmes que j'y ai adaptés ſont de flintglaſſ, de verre, & de crownglaſſ, leſquels me procurent, par leur poſition reſpective des angles, *depuis zèro juſqu'à ſoixante degrés*; ainſi je ſuis maître par-là de l'étendue du ſpectre que je peux reſſerrer dans des bornes connus & convenables aux recherches que je me propoſe.

L'inſtrument ainſi diſpoſé, j'examinai d'abord Syrius : l'image de cette étoile me parut n'être dilatée que dans le ſeul ſens de l'angle réfringent du priſme; ſa forme étoit celle d'un ovale alongé dans le rapport de la grandeur des angles réfringens des priſmes. Lorſque l'angle réfringent des priſmes étoit de 14 d., le grand axe du ſpectre occupoit tout le champ du téleſcope, tandis que le petit axe avoit à peine un diamètre ſenſible. Les couleurs les plus remarquables étoient le rouge ceriſe fort vif, le verd & le violet.

Le rouge occupoit, autant que j'en ai pu juger à la vue, la ſixième partie du ſpectre; le verd à peu près le quart, & tout le reſte étoit d'un violet très-vif.

La partie du rouge qui joignoit le verd avoit une foible teinte de jaune, & aux confins du verd on voyoit auſſi une légère dégradation. Ce ſpectre n'avoit de ſcintillation qu'à l'extrêmité occupée par le violet, & cette ſcintillation peut aſſez bien ſe comparer à l'extrêmité de la flamme d'une bougie, excitée par le vent d'un chalumeau. Je pouvois, en avançant ou reculant le petit miroir, terminer alternativement le rouge, le verd & le violet, dans le ſens du petit axe; mais quand le rouge paroiſſoit une ligne droite ſans diamètre ſenſible, alors le verd, & ſur-tout le violet, étoit un peu dilaté dans le ſens du petit axe: cette aberration ne peut être attribuée qu'aux priſmes, dont les ſurfaces, au lieu d'être planes, étoient un peu ſphériques.

Si mon téleſcope avoit été garni d'un micromètre, j'aurois pris ces meſures avec beaucoup plus de préciſion.

A meſure que je dilatois ce ſpectre, en augmentant l'angle refringent de mes priſmes, j'affoibliſſois les couleurs, au point même de les faire diſparoître ſucceſſivement. Lorſque cet angle étoit de vingt à vingt-cinq degrés, le violet me paroiſſoit abſolument éteint, & les couleurs du ſpectre ſe changeoient en un rouge pâle tirant ſur le jaune, & un bleu très-clair. Sous un angle de quarante à cinquante degrés, le bleu me parut abſolument éteint, & il ne reſta plus qu'un trait de lumière ſans aucune teinte ſenſible de rouge. Ce trait de lumière, qui reſſembloit aſſez pour la couleur & pour la forme à une paille extrêmement mince, occupoit un eſpace plus grand que le champ du téleſcope, & n'avoit aucune largeur ſenſible. J'examinai de la même manière Rigel, j'y remarquai les mêmes phénomènes. Lorſque l'angle refringent des priſmes étoit de 14 d., alors les couleurs étoient moins vives; le rouge étoit plus pâle; le verd tiroit un peu plus ſur le bleu, & le violet étoit plus foible; le ſpectre n'occupoit plus, comme celui de Syrius, tout le champ du téleſcope; &, autant que j'en ai pu juger à la vue, il s'en manquoit près d'un quart.

Les couleurs diſparoiſſoient auſſi ſous un angle réfringent moins grand.

Dans une étoile de la ſeconde grandeur ([illegible] d'*Orion*), les couleurs étoient plus foibles & le ſpectre moins grand :

dans une étoile de la troiſième grandeur (ι de l'épée d'Orion), la teinte de rouge ne devenoit ſenſible que lorſque l'angle réfringent des priſmes étoit de trois à quatre degrés : enfin, dans les étoiles de la cinquième & ſixième grandeur, je ne diſcernois abſolument qu'une ſeule teinte de couleur fond paille, même avec des angles réfringens les plus petits. Il eſt eſſentiel de remarquer que les étoiles de la ſixième grandeur n'occupoient pas le quart du champ du téleſcope, lorſque l'angle réfringent des priſmes n'étoit que de 14 d. : il m'a auſſi paru que la grandeur du ſpectre étoit, dans tous les cas, en raiſon de l'éclat de l'étoile. De toutes ces expériences n'eſt-on pas en droit de conclure, 1°. que la lumière des étoiles eſt compoſée d'une infinité de rayons différemment réfrangibles, & qu'il eſt impoſſible d'obtenir des rayons parfaitement homogènes dans le ſens de la dilatation de la lumière ?

2°. Que les couleurs produites par la décompoſition des rayons de lumière, ne ſont pas tellement immuables, qu'elles ne puiſſent être non-ſeulement affoiblies ou éteintes, mais encore abſolument changées.

Toutes les expériences que j'ai rapportées, prouvent inconteſtablement que la lumière des étoiles eſt compoſée d'une infinité de rayons différemment réfrangibles; car, ſans cela, le ſpectre qu'elles forment ne ſeroit pas une ligne contiguë ſans largeur ſenſible, & on devroit parvenir, par la dilatation, à diſtinguer les interruptions, d'autant plus aiſément que l'étoile n'a pas de diamètre ſenſible. » M. l'Abbé » Nollet dit, d'après Newton, qu'une » couleur ſimple, dès qu'elle eſt ſéparée » des autres eſpèces, ne ſe décompoſe » plus, quoiqu'on les réfracte encore plu- » ſieurs fois. C'eſt pourquoi, ajoute-t-il, » la petite image ronde qui vient d'un » ſeul priſme, garde conſtamment ſa cou- » leur uniforme & ſa figure, quoiqu'on » la regarde avec le priſme : car tous les » rayons de lumière qui la rapportent à » l'œil, étant d'une égale réfrangibilité, » ſe rompent dans le verre ſans changer » de poſition entr'eux; & comme ils ſont » auſſi tous de la même couleur, l'image » qu'ils peignent au fond de l'œil doit être » de la même nuance dans toute ſon éten- » due. Par des raiſons contraires, l'image » formée de deux couleurs mêlées enſem- » ble doit devenir ovale, & l'une des deux » couleurs doit déborder, comme on voit

» que cela arrive en effet. On a donc raiſon de regarder comme couleurs ſimples » & primitives, l'oranger, le verd & l'in» digo, qui ſe remarquent dans l'image » colorée produite par le priſme, puiſque » ces trois couleurs ne ſe décompoſent pas, » & que ces eſpèces de lumière ont des » degrés de réfrangibilité qui les diſtin» guent conſtamment des autres «. *Leçon de Phyſique, tome* 5, *page* 388.

M. l'Abbé Nollet ajoute dans un autre endroit, page 379 : » Le rayon *homogène* » qui a paſſé par le priſme, ne fait point » ſur le carton blanc une image oblongue » & de diverſes couleurs comme dans la » première expérience, parce que toutes » ſes parties étant également réfrangibles, » conſervent, en ſortant du priſme, le » parallélíſme qu'elles doivent avoir en» tr'elles avant que d'y entrer ; & comme » les parties de la lumière qui ont le même » degré de réfrangibilité ſont auſſi de la » même couleur, l'image du rayon ré» fracté dans cette expérience, ne peut » avoir qu'une ſeule teinte.

» Il faut pourtant convenir que, ſi l'on » ne fait pas cette épreuve avec bien de » la précaution, l'image en queſtion eſt » un peu alongée, & qu'on remarque à

» ſes extrêmités quelque petite frange de » couleurs différentes de celles du rayon : » c'eſt ce qui a fait que M. Mariotte & plu» ſieurs autres perſonnes ſe ſont inſcrits » en faux contre l'expérience de Newton. » Mais un Phyſicien de bonne foi mettra » le fait hors de conteſtation, s'il eſſaye » de le vérifier dans une chambre parfai» tement obſcure avec un priſme dont » le verre ſoit ſans bouillons & ſans filan» dres, & dont les côtés ſoient bien droits » & *bien polis*, *prenant* de plus tout le » ſoin poſſible de ſe procurer un rayon » d'une lumière homogène & ſans mê» lange «.

D'après les expériences que j'ai rapportées, je ne puis être de l'opinion de M. l'Abbé Nollet, & je penſe que dans cette expérience plus on mettra de préciſion, & moins on trouvera le réſultat de Newton précis. L'image ronde de couleur oranger eſt ſans doute moins inégalement dilatée par le ſecond priſme, qu'une pareille image ronde de couleur oranger formée par le mêlange du jaune & du rouge, parce que le rapport de réfrangibilité entre le jaune & le rouge eſt plus grand qu'entre des rayons orangers de la même teinte : rien de plus ſimple & de moins concluant. Je dis plus : ces couleurs ne ſont pas tellement immuables, comme le prétend Newton, page 136 de ſon Traité d'Optique, qu'on ne puiſſe par la dilatation non-ſeulement les affoiblir, mais encore les changer, puiſque, me ſervant d'un priſme de flintglaſſ de 45 d. adapté au téleſcope, la partie rouge du ſpectre de Syrius perdit totalement ſa couleur rouge, & devint d'une teinte ſenſiblement égale & fond paille.

Il ne ſeroit peut-être pas impoſſible, par la comparaiſon de la longueur des ſpectres des différentes étoiles produites par le même priſme, de ſe former une idée de leur éloignement reſpectif ou même abſolu; mais cette recherche exige d'abord qu'on trouve la loi qui a lieu entre la grandeur ou l'éclat d'un aſtre & l'étendue du ſpectre. Je m'explique : qu'on examine, par exemple, Jupiter & ſes Satellites par le moyen d'un téleſcope d'un pouvoir amplifiant, très-grand, armé de priſmes, on choiſira le Satellite qui eſt à-peu-près à la même diſtance de nous que Jupiter; on trouvera la longueur de ſon ſpectre qu'on comparera à celui de Jupiter, après avoir eu égard à la petite différence réſultante de leur diamètre reſpectif. Si on ne trouve pas de différence entre la longueur de leur ſpectre, on en conclura, avec quelque vraiſemblance, que l'éloignement reſpectif entre Syrius & une étoile de la ſixième grandeur, eſt une des cauſes qui influe le plus ſur l'inégalité apparente de leurs ſpectres reſpectifs. Ou, ſi on trouve une différence entre les ſpectres des Satellites & de Jupiter, on eſſayera d'en chercher la loi, en les comparant aux ſpectres des Planètes que nous connoiſſons ; & cette loi une fois bien connue s'appliquera, avec un égal ſuccès, à la recherche que nous nous propoſons. Au reſte, je ſuis ſi éloigné de penſer que je puiſſe ſeul parvenir à faire toutes les expériences que ce nouvel objet de recherches paroît préſenter, que je crois ne pouvoir mieux contribuer aux progrès des connoiſſances de ce genre, qu'en mettant les Phyſiciens à portée de faire non-ſeulement ſur la nature de la lumière des étoiles, mais encore ſur celle du ſoleil, des expériences abſolument neuves, & par cela même infiniment intéreſſantes.

Les recherches dont je viens de rendre compte ont donné lieu aux queſtions ſuivantes. 1°. *Newton a-t-il dit que la lumière* *étoit compoſée d'une infinité de rayons différemment réfrangibles ? Ou, a-t-il limité leurs différentes réfrangibilités à ſept eſpèces de rayons ?*

2°. *Dans quel ſens doit-on admettre la diſtinction que Newton a faite entre les rayons homogènes & hétérogènes ?*

3°. *Newton a-t-il avancé qu'il n'y avoit que ſept couleurs primitives ; ſavoir, le rouge, l'oranger, le jaune, le verd, le bleu, l'indigo & le violet ?*

4°. *Enfin, les couleurs que Newton appelle homogènes ſont-elles indécompoſables ? Et Newton a-t-il pu affirmer qu'une couleur primitive avoit toujours une réfraction relative à ſa nature, & étoit inaltérable à un tel point qu'il a pu dire :*

Nec variat lux fracta colorem ?

Telles ſont les queſtions ſur leſquelles je vais propoſer mes doutes. Loin de prétendre à l'honneur d'avoir trouvé le grand Newton en défaut, je prie le Lecteur de vouloir bien conſidérer que la différence entre les réſultats de cet illuſtre Géomètre & les miens, tient uniquement à la différence des méthodes qui nous ont ſervi à faire l'analyſe de la lumière.

Ainſi le téleſcope armé de priſmes, que

j'ai employé à la décompoſition de la lumière d'une étoile qui, comme on ſait, n'a pas de diamètre ſenſible, ne peut avoir, aux yeux des Phyſiciens, d'autre mérite que celui d'un degré de préciſion, auquel les méthodes employées par Newton ſe refuſent.

10. *Newton a-t-il dit que la lumière étoit compoſée d'une infinité de rayons différemment réfrangibles? Ou, a-t-il limité leurs différentes réfrangibilités à ſept eſpèces de rayons?*

Les expériences que j'ai rapportées prouvent inconteſtablement que la lumière eſt compoſée d'une infinité de rayons différemment réfrangibles, puiſque le ſpectre d'une étoile paroît au téleſcope, armé de priſmes, une ligne continue ſans largeur ſenſible.

L'interruption dans les parties du ſpectre ſeroit une ſuite néceſſaire d'une réfrangibilité, déterminée pour ſept eſpèces de rayons. On n'a pas à craindre, dans cette expérience, l'anticipation des cercles occaſionnés par le diamètre de l'étoile, puiſqu'elle n'en a pas de ſenſible dans les téleſcopes, dont les pouvoirs amplifians ſont les plus grands.

La queſtion ſe réduit donc à ſavoir l'opinion de Newton ſur ce ſujet, parce qu'ayant fait ſes expériences ſur le Soleil, il n'a pu obtenir un réſultat auſſi précis, quelque précaution qu'il ait pu prendre.

Newton s'eſt énoncé de la manière ſuivante (*a*):

La lumière du Soleil eſt compoſée de rayons différemment réfrangibles.

Il me ſemble que cet énoncé n'eſt pas aſſez précis, & je penſe que l'idée exacte de l'analyſe de la lumière exige qu'on repréſente le ſpectre ſuſceptible de s'étendre d'une manière indéfinie, par des réfractions qu'on eſt toujours maître de multiplier, ſans qu'il puiſſe éprouver d'interruption. Ainſi, quoique Newton n'ait pas réduit la lumière à ſept eſpèces de rayons différemment réfrangibles, la manière dont il s'exprime à cet égard n'étant pas dans la rigueur mathématique, quelques Phyſiciens ont cru que le ſpectre n'étoit compoſé que de ſept eſpèces de rayons différemment réfrangibles; & les couleurs priſmatiques qu'il a réduites à ſept dénominations principales, n'ont pas peu contribué à laiſſer ſubſiſter aſſez généralement cette impreſſion.

(*a*) Optique de Newton, page 36.

20. *Peut-on admettre la diſtinction que Newton a faite entre les rayons homogènes & hétérogènes ?*

Newton, pour parvenir à obtenir de la lumière homogène, dit (page 68 & ſuivantes) : » Les rayons hétérogènes ſont en » quelque ſorte ſéparés les uns des autres » par la réfraction du priſme, la pénombre des côtés rectilignes de l'image colorée ; cette ſéparation devient parfaite » dans ces mêmes côtés rectilignes de l'image. Il eſt vrai que la lumière devient » aſſez compoſée ſur ces cercles innombrables qui ſont décrits dans les eſpaces » renfermés entre ces côtés rectilignes, » & qui ſont illuminés chacun en particulier de rayons homogènes ; ce qui arrive » par l'anticipation de ces cercles les uns » ſur les autres, & par leur mêlange dans » tous les eſpaces qui ſe rencontrent entre ces côtés rectilignes, les cercles innombrables (*décrits dans la cinquième » expérience*), leſquels ſont illuminés » chacun en particulier de rayons homogènes, rendent la lumière aſſez compoſée en rentrant l'un dans l'autre & ſe » mêlant par-tout enſemble. Mais ſi l'on » pouvoit diminuer (*dans le ſpectre ſolaire*) les diamètres de ces cercles, leur

» centre conſervant leur diſtance & leur
» poſition, ils anticiperoient moins les uns
» ſur les autres, & par conſéquent le mêlange
» des rayons hétérogènes diminueroit
» à proportion «. Plus loin il ajoute :
» Si donc on veut diminuer le mêlange
» des rayons, il faut diminuer les diamètres
» des cercles ; & c'eſt ce qu'on fera
» ſi l'on peut rendre le diamètre du Soleil,
» auquel ces diamètres répondent, plus
» petit qu'il n'eſt, ou, ce qui revient à la
» même choſe, ſi hors de la chambre, à
» une grande diſtance du priſme, on place
» vers le Soleil un corps opaque percé d'un
» trou rond, afin d'intercepter toute la
» lumière du Soleil, excepté ce qui, venant
» du milieu du corps du Soleil, peut paſſer
» au priſme par ce trou. . . .
» . . . .
» Donc, en diminuant ce trou, on peut
» diminuer ces cercles à volonté, tandis
» que leurs centres reſtent aux mêmes
» endroits. Par ce moyen, il m'eſt arrivé
» de rendre la largeur de l'image quarante
» & quelquefois ſoixante à ſoixante-dix
» fois moindre que ſa longueur.
» . . . .
» . . . .
» Or, une lumière qui eſt ſimple & ho-

» mogène juſqu'à ce point-là, l'eſt aſſez
» pour faire ſur la lumière ſimple toutes
» les expériences qui ſont contenues dans
» ce Livre «.

S'il étoit poſſible d'obtenir de la lumière homogène, ce ſeroit, ſans doute, le ſpectre d'une étoile qui la donneroit, puiſqu'elle n'a aucun diamètre ſenſible. Mais puiſque le ſpectre eſt toujours de plus en plus ſuſceptible de dilatation, cette extenſibilité de la lumière d'une manière *indéfinie*, bien conſtatée, n'exclut-elle *pas* ce que Newton entend par homogénéité ?

Si on regarde un ſpectre qui n'eſt formé, autant qu'il eſt poſſible, que par les rayons du centre du Soleil, par un priſme dont l'axe fait un angle droit avec celui qui a donné le ſpectre, Newton dit que ce ſpectre ne paroît pas dilaté dans le ſens de ſa largeur. Mais le moyen employé par Newton n'eſt-il pas inſuffiſant pour rendre ce phénomène ſenſible ? Pluſieurs expériences prouvent même que cette extenſion a lieu, mais qu'elle eſt d'autant plus ſenſible que le ſpectre qu'on regarde eſt plus reſſerré. En effet, la lumière étant de plus en plus dilatable, les rayons qui diffèrent ſenſiblement en réfrangibilité ſont d'autant plus rapprochés que le ſpectre eſt plus petit ; d'où l'on voit que le phénomène en queſtion doit être d'autant moins ſenſible que le ſpectre a plus d'étendue. Ainſi, pour que le ſpectre ne puiſſe plus s'élargir, il faudroit lui avoir donné toute l'extenſibilité dont il eſt ſuſceptible ; ce qui paroît contraire à la nature de la lumière.

Nous croyons donc que la diſtinction des rayons homogènes & hétérogènes n'eſt pas admiſſible.

3°. *Newton a-t-il avancé qu'il n'y avoit que ſept couleurs primitives ?*

C'eſt une queſtion ſur laquelle il me paroît très-difficile de prononcer. Preſque tous les Phyſiciens ont cru que le ſpectre ſolaire étoit compoſé de ſept couleurs primitives ; ils ont regardé les couleurs intermédiaires comme des nuances occaſionnées par le diamètre du Soleil : de-là même cette diſcuſſion ſur le nombre des couleurs primitives, qui a long-temps occupé des Savans d'un mérite diſtingué, parmi leſquels on trouve M. Dufay. Cet Académicien, au lieu de les réduire à cinq, comme quelques Phyſiciens célèbres de ſon temps, n'admettoit que le rouge, le jaune & le bleu, regardant les autres couleurs comme des dès mêlanges de ces trois couleurs, ou plutôt comme des nuances intermédiaires.

M. d'Alembert parle de cette diſcuſſion dans ſes opuſcules mathématiques, & dit (*a*) : » Il eſt donc évident que, ſi entre » les rayons rouges & les rayons orangers, » par exemple, il n'y avoit pas pluſieurs » nuances de couleurs intermédiaires, un » rayon blanc pourroit, au ſortir d'un verre » plan, ſe diviſer en ſept faiſceaux de » rayons très-diſtincts & ſéparés par des » ombres ; ſur-tout, ſi l'épaiſſeur du verre » n'étoit pas fort petite, & ſi l'angle *d'in-* » *cidence* étoit un peu grand.

» Ne doit-on pas conclure delà que la » lumière, bien loin d'être formée, comme » l'ont prétendu quelques Phyſiciens, de » trois couleurs ſeulement, eſt réellement » compoſée non-ſeulement de ſept cou- » leurs primitives, mais d'un nombre preſ- » que infini de couleurs différentes qui » s'étendent, comme par degrés inſenſi- » bles, du rouge le plus clair au violet le » plus foncé.

» On prouvera de la même manière, » (quoique par un calcul un peu plus » compliqué,) que dans la même hypo-

---

(*a*) Tome 3, page 393.

» thèſe le ſpectre ſolaire, au ſortir du » priſme, devroit être compoſé de bandes » colorées, ſéparées par des ombres : il y » auroit ſeulement cette différence, que » la largeur des ombres iroit toujours en » augmentant, à meſure qu'on s'éloignera » du priſme ; au lieu que les bandes colo» rées ſeroient toujours à-peu-près de la » même largeur. «

Il eſt donc inconteſtable que pluſieurs Phyſiciens ont penſé que la lumière ſe décompoſoit, par le moyen du priſme, en ſept couleurs primitives ; ils regardoient les couleurs intermédiaires comme des nuances occaſionnées par le diamètre du ſoleil : mais ces ſept couleurs paſſoient généralement pour être inaltérables, & conſerver, dans tous les cas, un degré de réfringence relatif à leur nature, & abſolument invariable. Ceux qui n'admettoient que cinq couleurs, citoient, en faveur de leur opinion, les mêlanges du jaune & du rouge, du bleu & du jaune, qui donnent l'oranger & le verd. A cela on leur répondoit que ces couleurs factices ſe décompoſoient au travers du priſme, au lieu que l'oranger & le verd du ſpectre ſolaire étoient indécompoſables ; & on citoit à ce ſujet la cinquième propoſition de Newton.

» Ayant fait, dit Newton (*a*), au mi-
» lieu d'un morceau de papier noir, un
» trou rond d'environ la cinquième ou la
» ſixième partie d'un pouce en diamètre,
» je fis tomber, ſur ce papier, l'image de
» lumière homogène, en telle ſorte que
» quelque partie de la lumière pût paſſer
» par le trou du papier. Cette partie de lu-
» mière une fois tranſmiſe, je la rompis
» avec un priſme placé derrière le papier;
» &, laiſſant tomber perpendiculairement
» cette lumière rompue ſur un papier
» *blanc*, à deux ou trois pieds de diſtance
» du priſme, je trouvai que l'image que
» cette lumière avoit tracée ſur le papier
» blanc, n'étoit pas oblongue comme par
» la réfraction de la lumière compoſée du
» ſoleil, mais qu'elle étoit (autant que j'en
» pouvois juger à l'œil) parfaitement cir-
» culaire, la longueur de l'image n'étant
» pas plus grande que ſa largeur : ce qui
» fait voir que cette lumière eſt rompue ré-
» gulièrement ſans aucune dilatation des
» rayons. Je plaçai au devant de la lumière
» homogène un papier circulaire d'un
» quart de pouce de diamètre, & je mis
» un autre papier circulaire de la même

(*a*) Optique, page 79.

» grandeur au devant d'un trait de lumière » ſolaire non rompu, blanc & hétérogène ; après quoi, m'éloignant de ces » papiers à quelques pieds de diſtance, je » regardai les deux cercles au travers d'un » priſme. Le cercle, illuminé par la lumière hétérogène du ſoleil, parut fort » oblong, ſa longueur étant pluſieurs fois » plus grande que ſa largeur ; mais l'autre » cercle, illuminé par une lumière homogène, parut circulaire, & terminé diſtinctement comme lorſqu'on le regardoit » ſimplement à l'œil : ce qui prouve la propoſition entière ; c'eſt-à-dire, *que la lumière homogène eſt rompue régulièrement, » ſans que les rayons ſoient dilatés, fendus ou diſperſés ; & que la viſion confuſe » des objets, vus à travers les corps réfringens par une lumière hétérogène, vient » de la différente réfrangibilité des différentes eſpèces de rayons.* «

Nous croyons devoir remarquer à ce ſujet que le réſultat de cette expérience eſt fort différent par le téleſcope, armé de priſme : on voit, dans tous les cas, l'image devenir oblongue, ce qui eſt une ſuite néceſſaire de l'extenſibilité illimitée de la lumière ; ainſi l'oranger ou le verd du ſpectre ne ſe dilate moins par le priſme que l'oranger ou le verd factice, que parce qu'il n'eſt pas compoſé, comme ces derniers, de rayons qui diffèrent autant en réfrangibilité : il n'eſt peut-être pas impoſſible de compoſer ces couleurs de manière qu'elles ne ſe dilatent pas davantage que les couleurs du ſpectre, en ſe ſervant de priſmes de différentes matières, comme nous l'expliquerons plus loin. Quoi qu'il en ſoit, le téleſcope, armé de priſme, prouve d'une manière inconteſtable que la lumière eſt ſuſceptible d'une extenſibilité illimitée.

Les couleurs priſmatiques, produites dans le ſpectre par cette extenſibilité de la lumière, nous conduiſent, par degrés inſenſibles, du rouge au violet ; & nous penſons que rien n'eſt plus arbitraire que de réduire les couleurs priſmatiques à trois, cinq, ſept, ou un plus grand nombre de dénominations principales.

Cette aſſertion qui me paroît différer de l'opinion adoptée par la plupart des Phyſiciens, d'après la théorie de Newton, eſt encore confirmée par l'obſervation de M. d'Alembert, à laquelle il me ſemble difficile de répondre dans toute autre ſuppoſition.

4o. *Les couleurs que Newton appelle*

homogènes ſont-elles indécompoſables, & Newton a-t-il pu affirmer qu'une couleur primitive avoit toujours une réfraction relative à ſa nature, & étoit inaltérable à un tel point qu'il a pu dire :

Nec variat lux fracta colorem ?

Je me vois toujours forcé de revenir à l'extenſibilité de la lumière d'une manière illimitée ; &, cette propriété une fois bien prouvée, je ne puis voir ni rayons ſimples, ni couleurs inaltérables. En effet, lorſque je regarde une étoile avec le téleſcope armé d'un priſme, je vois un ſpectre, ou plutôt une ligne colorée. Les différentes couleurs qui la compoſent ne laiſſent appercevoir aucune interruption, parce qu'elles ſuivent une dégradation imperceptible : on ne peut étendre cette ligne ſans altérer les couleurs ; auſſi l'oranger devient-il plus jaune, & le jaune plus pâle ou plus blanc. L'extenſibilité indéfinie une fois admiſe, ces altérations en ſont une conſéquence naturelle, & on peut la pouſſer à tel point que cette lumière ceſſe de faire impreſſion ſur l'organe ; c'eſt ce qui arrive dans l'expérience que j'ai rapportée : le ſpectre de Syrius, lorſqu'il n'avoit qu'une certaine étendue, m'a donné trois couleurs très-remarquables, le rouge, le jaune & le violet; mais, à force de l'étendre, je ſuis parvenu à lui faire perdre toute couleur: ce n'eſt pas que le rouge ſoit devenu blanc, je penſe au contraire que les couleurs extrêmes ſe ſont ſucceſſivement diſſipées, mais à la fin il n'eſt reſté que la partie jaune du ſpectre, qui eſt celle qui a le plus de force, & qui m'a donné la ſeule impreſſion de lumière ſans couleur. Les étoiles de la quatrième & cinquième grandeur donnent également un ſpectre aſſez étendu ſans couleur ſenſible.

Telle eſt maintenant mon opinion ſur les expériences dont j'ai rendu compte à l'Académie le 13 Mars 1776.

Il ſe préſente encore à ce ſujet une autre queſtion très-intéreſſante: exiſte-t-il une réfraction conſtante pour chaque eſpèce de couleurs? Newton l'a penſé, & il dit expreſſément dans ſon Optique:

» Toute lumière homogène a ſa couleur » propre qui répond à ſes degrés de réfrangibilité, & cette couleur ne peut être » changée ni par réflexion, ni par réfraction.

» Dans les expériences rapportées (*dans » la quatrième propoſition*), après que j'eus » ſéparé les rayons hétérogènes les uns des

» autres, le ſpectre formé par les rayons » ſéparés, en avançant depuis ſon extrêmité ſur laquelle tomboient les rayons » les plus réfrangibles, juſqu'à ſon autre » extrêmité ſur laquelle tomboient les » moins réfrangibles, parut illuminé des » couleurs ſuivantes, dans l'ordre que je » vais les nommer, le violet, l'indigo, le » bleu, le verd, le jaune, l'oranger, le » rouge, avec tous leurs degrés intermédiats, dans une continuelle ſucceſſion » qui varioit perpétuellement, de ſorte » qu'on voyoit autant de degrés de couleurs qu'il y avoit d'eſpèces de rayons de » différentes réfrangibilités : or, que ces » couleurs ne puſſent point être changées » par réfraction, c'eſt de quoi je m'aſſurai » en rompant, avec un priſme, tantôt » une très-petite partie de cette lumière, » & tantôt une autre très-petite partie; » car, par cette réfraction, la couleur de » la lumière ne fut jamais changée le » moins du monde. Si quelque partie de la » lumière rouge étoit rompue, elle demeuroit entièrement du même rouge qu'auparavant; cette réfraction ne produiſoit » ni oranger, ni jaune, ni verd, ni bleu, » ni aucune autre nouvelle couleur. Les » réfractions répétées ne produiſoient au-

» cun changement dans la couleur, c'étoit » toujours entièrement le même rouge que » la première fois : je trouvai la même immutabilité dans le bleu, le jaune & les » autres couleurs ; de même, lorſque je » regardois au travers d'un priſme quelque » corps illuminé, de quelque partie que » ce fût, de cette lumière homogène, il » ne me fut pas poſſible d'appercevoir aucune nouvelle couleur.

» Tous corps qui, étant illuminés d'une » lumière hétérogène, étoient regardés » au travers d'un priſme, paroiſſoient confus ; mais ceux qui ſont illuminés d'une » lumière homogène, ne paroiſſoient, au » travers des priſmes, ni moins diſtincts, » ni autrement colorés, que lorſqu'on les » regardoit ſimplement avec l'œil : leurs » couleurs n'étoient nullement changées » par la réfraction du priſme interpoſé. Je » parle ici d'un changement ſenſible de » couleur : car la lumière que je nomme » ici homogène, n'étant pas homogène » abſolument & à toute rigueur, ſon hétérogénéité doit produire un petit changement de couleur ; mais lorſque cette » hétérogénéité diminuoit, ce changement de couleur étoit inſenſible, & par » conſéquent, dans des expériences où les

» ſens ſont juges, il doit être compté » pour rien. «

Eſt-il donc bien certain que chaque couleur ait un degré invariable de réfraction? Mes doutes ſur cette aſſertion ſont fondés ſur la diſperſion plus ou moins forte qu'on a obſervée, dans ces derniers temps, dans différens milieux, & qui n'eſt pas proportionnée à leur réfraction moyenne. En effet, les couleurs produites par des priſmes de verre de France, ont beaucoup moins d'étendue que celles produites, à même réfraction moyenne, par des priſmes de verre de plomb, tels que le ſtraſſ, ou le flintglaſſ. Ainſi lorſque dans les deux ſpectres ſolaires, formés par des priſmes de verre ordinaire & de flintglaſſ, la couleur verte eſt à la même hauteur, condition qu'il eſt toujours facile de remplir par des priſmes à angles variables, tels que nous en avons donné la deſcription; il eſt palpable que le rouge du ſpectre, formé par le priſme de verre, ne répondra pas au rouge du ſpectre produit par le priſme de flintglaſſ, puiſque ces deux ſpectres ſe trouvent de longueur très-inégale, quoiqu'ils aient la même réfraction moyenne. Si donc le rouge de l'un répond au jaune de l'autre, ces deux couleurs très-différentes ſemblent avoir, en ce cas, le même degré de réfraction : ainſi ces couleurs mêlées enſemble donneroient l'oranger, qui ne paroît pas devoir être auſſi aiſément décompoſé en rouge & en jaune, que celui dont Newton parle. Sans nous arrêter plus long-temps ſur ce ſujet, les obſervations que nous venons d'expoſer ne nous menent-elles pas à conclure, que les couleurs n'ont pas cette immutabilité & cette réfraction conſtante qui leur eſt attribuée par Newton ?

Nos obſervations ſur l'analyſe de la lumière, ne nous empêchent pas de réduire les couleurs du ſpectre ſolaire à ſept dénominations principales.

Cette réduction nous paroît même préférable à toute autre ; car, quoique les couleurs du ſpectre ſoient tellement liées entr'elles qu'elles paſſent par degrés inſenſibles du rouge au violet, l'œil n'en diſtingue pas moins ſept ordres de couleurs qui donnent des ſenſations différentes, mais dont les limites ne peuvent être aſſignées à cauſe de la dégradation imperceptible qui conduit *du rouge à l'oranger, de l'oranger au jaune, du jaune au verd, du verd au bleu, du bleu à l'indigo, & de l'indigo au violet.*

La différence qui ſe trouve entre le rouge foncé qui termine l'extrêmité du ſpectre, & le rouge beaucoup moins foncé, qui touche aux confins de l'oranger, eſt, ſans doute, plus forte qu'entre ce rouge moins foncé & l'oranger qui ſe trouve ſur ſes confins; mais le rouge du ſpectre renfermant généralement toutes les différentes nuances de cette couleur, les ſept dénominations auxquelles Newton les a réduites, préſentent l'idée la plus ſimple & la plus commode de l'analyſe de la lumière.

Ce grand Géomètre s'eſt encore ſervi du rapport qui a lieu entre la longueur & la largeur du ſpectre ſolaire, pour aſſigner à chaque couleur le degré de réfraction qui lui a paru indépendant de la nature des milieux. Mais avant de nous occuper de cette détermination, il nous ſera utile de faire ſentir combien il importe au progrès de l'optique de fixer, avec exactitude, le degré de réfrangibilité, ou, ce qui eſt de même, la force diſperſive des différens milieux qui ſervent à la conſtruction des principaux inſtrumens d'optique.

◆

Des Verres dont les ſurfaces ſont ſphériques.

Le degré de régularité qu'il eſt néceſſaire de donner aux verres, pour qu'ils puiſſent produire un bon effet dans les principaux inſtrumens d'optique, exige que leurs ſurfaces ſoient, ou planes, ou ſphériques.

Toute autre forme eſt tellement proſcrite aux yeux de ceux qui ſont verſés dans l'art de tailler les verres ou les miroirs, que nous ne croyons pas même devoir nous arrêter à combattre l'aſſertion de quelques Artiſtes célèbres, qui ont prétendu pouvoir donner à leur miroir la forme parabolique.

Nous avons remarqué qu'on pouvoit conſidérer un verre taillé ſphériquement, comme un aſſemblage de petits priſmes de différens angles, qui diminuent progreſſivement des bords au centre du verre. La ſomme, ou la différence des arcs compris depuis le centre, juſqu'au point où on ſuppoſe un de ces petits priſmes, en donne l'angle; ainſi, dans un verre d'une ſphéricité connue, chaque angle eſt déterminé par le ſomme des arcs, quand les deux ſurfaces ſont convexes ou concaves, &

par la différence des arcs, lorſqu'une ſurface eſt convexe, tandis que l'autre eſt concave, & par conſéquent la réfraction qui en réſulte pour un milieu, dont le pouvoir réfringent eſt connu.

On verra donc facilement que la réfraction fait coincider tous les rayons parallèles qui tombent ſur la ſurface d'un verre, également convexe des deux côtés (vulgairement nommés *loupe* ou *lentille*) dans un eſpace fort petit, aſſez près du centre de ſphéricité de cette lentille. Cette réunion, connue ſous le nom de *foyer*, ſeroit bien plus parfaite, ſans la différente réfrangibilité des rayons de lumière. La figure ſphérique s'oppoſe auſſi à une parfaite réunion; mais beaucoup moins.

Les Opticiens déſignent ces deux imperfections par *aberration* de réfrangibilité & de ſphéricité. M. Euler eſt le premier qui ait penſé à corriger les *aberrations* de réfrangibilité, en ſe ſervant de milieux différemment réfringens; cependant, cette belle découverte n'eut pas dans le temps tout le ſuccès qu'il avoit lieu de s'en promettre, tant parce que ſa théorie étoit en partie fondée ſur des loix de réfraction purement hypothétique, que parce qu'elle étoit oppoſée à une propoſition de Newton, que nous avons déjà rapportée.

M. Klingentierna jeta, en 1755, des doutes ſur les loix de réfraction établies par Newton; &, en 1759, M. Dollond trouva dans une eſpèce de cryſtal, connu en Angleterre ſous le nom de *flintglaſſ*, une réfraction, qui lui fit ſentir la poſſibilité du projet de M. Eüler. M. de Maupertuis avoit eſſayé de faire conſtruire des lentilles de verre & d'eau, ſelon les principes de M. Euler: ce fut ſans ſuccès. M. Dollond, s'étayant ſur ſes expériences, ne fut pas plus heureux: mais ayant compoſé ſes lentilles avec du *flintglaſſ* & du verre commun, il reconnut que le *flintglaſſ* étoit beaucoup plus propre que l'eau, à remplir l'objet qu'il s'étoit propoſé.

Il dit, dans ſon Mémoire imprimé dans les Tranſactions Philoſophiques, qu'il parvint facilement à détruire l'aberration de réfrangibilité.

Ainſi on vit, pour la première fois, des lentilles ſans couleur; ce qui leur fit donner le nom d'*achromatique.*

Il avoue qu'il fut arrêté par un obſtacle plus difficile à ſurmonter; c'eſt l'aberration de ſphéricité. Nous avons dit que la figure ſphérique ne réunit pas en un ſeul point les rayons de lumière: on connoît les fameuſes ovales que Deſcartes avoit imaginées pour remédier à ce défaut. Il y avoit encore un autre moyen qui eſt dû à Newton, & qui eſt le ſeul praticable; c'eſt de donner aux ſphères, dont la lentille eſt compoſée, un arrangement & des dimenſions, telles que l'aberration ſoit la plus petite poſſible.

(*a*) » Soit ADFC, dit Newton, un objectif » composé de deux verres ABED & CBEF, » également convexes aux côtés extérieurs » AGD & CHF, & également concaves » aux côtés inférieurs BME & BNE, & » ſoit la concavité BMENB remplie d'eau; » ſoient les ſinus d'incidence & de ré» fraction du verre dans l'air comme I » eſt à R, & de l'eau dans l'air comme K » à R, & par conſéquent du verre dans » l'eau comme I eſt à K, & ſoit D le » diamètre de la ſphère ſur laquelle ſont » travaillés les côtés convexes AGD & » CHF, & que le diamètre de la ſphère » ſur laquelle ſont travaillés les côtés » concaves BME & BNE ſoit à D, » comme la racine cubique de KK, KI » eſt à la racine cubique de RK, RI: » cela poſé, les réfractions qui ſe font ſur » les côtés concaves des verres, corrige-

---

(*a*) Optique page 115.

» ront

» ront extrêmement les erreurs des ré-
» fractions qui ſe font ſur les côtés con-
» vexes, en tant que ces erreurs procè-
» dent de la ſphéricité de la figure «..

Rien de plus ingénieux que ce moyen de corriger l'aberration de ſphéricité des lentilles. J'ai cru devoir le rapporter tout au long, parce que j'ai fait uſage de l'eau pour diminuer les imperfections qui ſont inſéparables de la méthode employée pour donner aux ſurfaces des verres une figure ſphérique.

Une lentille de même genre a fixé dans cer derniers temps l'attention du Public. Son effet qui ſurpaſſe de beaucoup celui des plus grands verres ardens, étonne bien moins que la difficulté de faire deux calottes de verre de quatre pieds de diamètre, propre à recevoir un fluide quelconque, & à donner à ce milieu la forme d'une loupe régulière. La Phyſique eſt redevable à feu M. Trudaine de cette lentille, dont l'exécution fait, à juſte titre, honneur à M. de Bernieres, Contrôleur des Ponts & Chauſſées.

Il ne s'agit dans les verres ardens que de concentrer la lumière directe du ſoleil, le plus qu'il eſt poſſible. Par conſéquent, les effets de ces lentilles brûlantes doivent réfraction, entre ce verre & le fluide dans lequel il eſt plongé, qui rend ſenſible ces défauts. L'on peut, ce me ſemble, établir cette proportion.

La confuſion qui réſulte d'un verre irrégulier, placé directement devant un téleſcope, eſt à la confuſion qui a lieu quand ce verre eſt plongé dans un fluide, comme la raréfraction du verre eſt à la différence de réfraction, entre le verre & le fluide; c'eſt-à-dire, comme 155, réfraction du verre commun, eſt à 22, qui eſt la différence entre la réfraction du verre ordinaire (155), & celle de l'eau (133); donc, la confuſion n'eſt plus qu'environ la ſeptième partie de celle qui auroit lieu, ſi on regardoit directement des objets à travers ce verre irrégulier. Ceci ſuppoſe un contact parfait entre le verre & le fluide dans lequel il eſt plongé; & on ſent combien de cauſes peuvent influer ſur ce contact. Par exemple, un verre éprouvé dans l'huile n'auroit peut-être pas un contact précis, ſi on l'éprouvoit enſuite dans l'eau. Au lieu de rapporter mes expériences ſur ce ſujet, le rapport des Commiſſaires de l'Académie, nommés pour les ſuivre, fera mieux ſentir l'utilité de cette recherche, que mes occupations ne m'ont permis de continuer.

EXTRAIT des Regiſtres de l'Académie.

Du 5 Février 1774.

M. l'Abbé de Rochon ayant lu, dans une de nos aſſemblées, un Mémoire ſur les moyens de perfectionner les lunettes achromatiques, par l'interpoſition d'un fluide entre les objectifs, l'Académie nomma MM. de Borda, le Gentil & moi, pour répéter différentes expériences curieuſes & intéreſſantes rapportées dans ce Mémoire. Nous allons en rendre compte; mais auparavant, il ſera bon de faire, en peu de mots, le précis du Mémoire de M. l'Abbé de Rochon.

Depuis l'invention des objectifs achromatiques, on eſt parvenu à conſtruire des lunettes de trois & trois pieds & demi, dont l'effet égale celui des meilleures lunettes ſimples de trente pieds. Quelque étonnant que ſoit cet effet, la théorie nous en promettroit un encore bien plus conſidérable, ſi la pratique plus tardive ne reſtoit bien loin derrière elle. Les Géomètres ont déterminé & calculé toutes les dimenſions propres aux objectifs achromatiques, pour qu'ils puiſſent faire le plus grand effet poſſible. Mais, pour exécuter ces dimenſions, il reſte aux Artiſtes à perfectionner le travail des verres, & ce qui eſt peut-être encore plus important, à trouver le moyen de rendre peu ſenſible le mauvais effet provenant du défaut de ſphéricité.

Si dans un objectif à trois verres il ſe trouve un millieme de ligne d'erreur; c'eſt-à-dire, s'il y a une différence d'un millieme de ligne entre la courbure du centre & celle des bords de chaque ſurface, il en réſulte une imperfection ſenſible dans la la viſion de l'objet : or, ſi l'on ſonge que la ſeule chaleur de la main, lorſque l'on donne le dernier poli, eſt capable de dilater le verre que l'on travaille, pour peu qu'il ſoit mince, on peut juger combien il eſt difficile de ne pas commettre dans les grands verres quelques inégalités de courbure très-ſenſibles. Peut-être même eſt-il poſſible d'éviter cette imperfection : mais on peut y remédier; c'eſt du moins ce que M. l'Abbé de Rochon a tenté; on jugera ſi c'eſt avec ſuccès. Cet Académicien prétend, qu'en introduiſant un fluide diaphane entre les verres qui compoſent un objectif achromatique, on diminuera conſidérablement l'effet des imperfections des quatre ſurfaces internes des trois verres.

Des expériences répétées pouvoient ſeules prononcer ſur ce fait : voici les nôtres. MM. de Bory, Duſejour & mon père, ſe ſont joints à nous pour en être témoins.

Nous avons pris une lunette achromatique à deux verres, de trois pieds de longueur, & environ trois pouces d'ouverture. Les deux verres compoſant l'objectif, étant éloignés l'un de l'autre d'un intervalle d'environ ſix lignes, nous avons introduit un verre de Bohème, mince, & ſans être travaillé. On ſent parfaitement que la lunette dans cet état devoit être très-mauvaiſe ; en effet, ayant placé en face un écriteau mobile, nous fûmes obligés d'approcher cet écriteau à la diſtance de cinq toiſes trois quarts, pour pouvoir en déchiffrer les caractères. Cela déterminé, laiſſant la lunette à la même place, nous fîmes couler entre les objectifs de l'eau pure, juſqu'à ce qu'elle remplît exactement les intervalles entre les objectifs. Pointant alors notre lunette ſur l'écriteau, nous diſtinguâmes parfaitement ce qu'auparavant nous pouvions à peine déchiffrer, éloignant alors notre écriteau de plus en plus, du bout de la lunette : ce ne fut qu'à la diſtance de trente-une toiſes que les caractères nous devinrent auſſi difficiles à lire, qu'ils l'avoient été auparavant à cinq toiſes trois quarts de diſtance.

Après avoir éprouvé l'eau, nous employâmes de l'huile ; & nous fûmes obligés de rapprocher l'écriteau à la diſtance de vingt-une toiſes & demie, pour pouvoir commencer à déchiffrer les caractères.

Nous aurions pu ainſi déterminer les effets de pluſieurs autres fluides, ſoit ſimples, ſoit compoſés : mais des circonſtances, & un départ précipité par les ordres du Miniſtre, ont empêché M. l'Abbé de Rochon de nous mettre à portée de faire toutes les expériences que l'on auroit pu imaginer : d'ailleurs, c'eſt un travail qui lui appartient particulièrement, & dont il eſt naturel qu'il rendre compte lui-même à l'Académie. Nous n'étions chargés que de vérifier le fait principalement avancé par M. de Rochon ; ſavoir, qu'un fluide interpoſé entre des objectifs, corrige en grande partie les défauts des ſurfaces des verres : nos expériences le prouvent inconteſtablement. Le réſultat a ſurpaſſé ce que M. de Rochon lui-même annonçoit & oſoit eſpérer : nous laiſſons à l'Auteur à faire les réflexions, & tirer les conſéquences que préſente un fait auſſi intéreſſant. Nous l'invitons ſur-tout à faire les mêmes expériences ſur les lunettes achromatiques, de l'eſpèce de celle dont les Aſtronomes font uſage depuis quelques années, & de vérifier ſi l'interpoſition des fluides aura un auſſi heureux ſuccès pour les objets céleſtes, que pour les terreſtres. Les Aſtronomes ne peuvent que s'intéreſſer infiniment aux travaux de M. l'Abbé de Rochon, qui ont pour objet la perfection d'un art, dont l'Aſtronomie doit attendre ſes progrès. A Paris, ce 5 Février 1774.

Signé, *le Chevalier* DE BORDA, LE GENTIL; CASSINI *fils.*

Je certifie le préſent Extrait conforme à l'original & au jugement de l'Académie. A Paris, ce 28 *Mars* 1778. Signé, *le Marquis* DE CONDORSET.

Mes expériences, ſur cet objet important, ne ſont encore, ni aſſez nombreuſes, ni aſſez variées, pour que je croye devoir m'y arrêter : j'obſerve ſeulement, qu'en s'attachant à rendre immédiat le contact des fluides au verre, on peut parvenir à faire des lentilles excellentes; car, en les compoſant de flintglaſſ & d'eau, on réunit le triple avantage de corriger l'aberration de ſphéricité, celle de réfrangibilité, & les irrégularités des ſurfaces internes des verres. Nous verrons, à l'article des lentilles achromatiques, que le rapport de diſperſion étant plus grand entre le flintglaſſ & l'eau, qu'entre le verre & le flintglaſſ, les lentilles à eau ſont, à cet égard, préférables à celles de flintglaſſ & de verre commun. D'ailleurs, les lentilles achromatiques, compoſées de verres de différentes denſités, perdent, par les reflets qui ſe font à chacune de leur ſurface, beaucoup de lumière : ce défaut ne doit pas être auſſi ſenſible dans les lentilles compoſées de flintglaſſ & d'un fluide.

Les verres convexes ſervent à faire converger les rayons, & les verres concaves à les faire diverger; lorſqu'on regarde de fort près de petits objets, les rayons ſont trop divergens, pour que l'œil puiſſe leur donner le degré de convergence, néceſſaire à leur réunion ſur la rétine. On a donc beſoin d'un verre convexe, dont la ſphéricité doit être proportionnée au degré de divergence des rayons.

Les Opticiens nomment *loupe* ou *oculaire*, ou *enfin microſcope ſimple*, le verre deſtiné à cet uſage.

L'objet ne paroît plus grand par une loupe, que parce qu'on eſt forcé de le regarder de plus près qu'à la vue ſimple; car, ſi la viſion diſtincte à l'œil nud s'opère à un pied, le même œil armé d'une loupe d'un pouce de foyer ſera forcé de s'approcher de l'objet à un pouce, pour pouvoir le voir diſtinctement. Ainſi, l'objet étant dans ce cas douze fois plus près de l'œil, il paroîtra douze fois plus grand qu'à l'œil nud; c'eſt ce rapport que les Opticiens nomment *pouvoir amplifiant* d'une loupe, d'un oculaire, ou d'une lentille de microſcope.

Quand on préſente un verre convexe au ſoleil, les rayons réfractés tracent ſur un écran, placé au foyer, une image diſtincte de cet aſtre: la grandeur & l'éclat de l'image dépendent de la diſtance focale du verre, & de l'ouverture qu'on lui donne; cette ouverture dans les lentilles ſimples eſt limitée par les aberrations de réfrangibilité & de ſphéricité. Tel eſt auſſi le principe de la chambre obſcure, dont les effets ſont connus de tout le monde. Le miroir ne ſert qu'à diriger à volonté la lumière qui émane des objets, & à la faire tomber ſur la lentille qui donne à ſon foyer une peinture renverſée de tous les objets vers leſquels elle eſt dirigée. Ce verre eſt alors déſigné par le nom d'objectif; la foible illumination des objets terreſtres force de placer l'écran & l'œil dans l'obſcurité.

On peut encore regarder directement l'image formée par l'objectif : mais il faut que l'œil ſoit armé d'une loupe ou d'un oculaire : ſi on enferme dans un tuyau l'objectif & l'oculaire, on a la lunette aſtronomique.

Dans cette diſpoſition, les objets paroiſſent renverſés, & le pouvoir amplifiant eſt donné par la diſtance focale de l'objectif diviſé par celle de l'oculaire.

Il eſt auſſi très-facile de redreſſer les images en multipliant les verres, comme nous le verrons dans la ſuite.

Les verres convexes ſuppléent encore au peu de convexité de l'œil; &, en cela, ils ſont utiles aux vieillards qui voient parfaitement les objets les plus éloignés, tandis qu'ils ne diſtinguent pas les objets près : les Opticiens les nomment, par cette raiſon, *presbites;* ils appelent auſſi *miopes* ceux qui ne voient diſtinctement qu'à une très-petite diſtance : les verres concaves leur ſont néceſſaires pour bien diſcerner les objets éloignés.

DE LA VISION.

C'EST ici le lieu de rendre compte des recherches que j'ai faites très-anciennement ſur les différens points fondamentaux de la théorie de la viſion : lorſqu'on regarde des deux yeux un objet placé à la diſtance requiſe pour la viſion parfaite, les rayons émanés de cet objet ſe rétractent en traverſant les humeurs de l'œil, & tracent ſur chacune des rétines une peinture exacte & ſemblable de cet objet.

Mais 1°. Comment, cette image étant renverſée, l'objet paroît-il droit ?

2°. Pourquoi cette image eſt-elle répétée dans les deux yeux, ſans pour cela que l'objet paroiſſe double ?

3°. Enfin, ſur quel principe eſt fondé le jugement que nous portons ſur la diſtance des objets ?

Comment voit-on les objets droits ?

Le célèbre Auteur du Traité des Senſations, prétend que nos yeux ont beſoin d'apprendre à voir, & que c'eſt le toucher qui les inſtruit. Il ajoute que les ſenſations de lumière & de couleur ne ſont que des modications de notre ame ; que puiſqu'elle ne les éprouve qu'en elle ; elle ne peut les appercevoir hors d'elle. L'extrêmité du rayon, dit M. l'Abbé de Condillac, qui frappe la rétine, produit une ſenſation : mais cette ſenſation ne ſe rapporte pas d'elle-même à l'autre extrêmité du rayon; elle reſte dans l'œil; elle ne s'étend pas au delà, & l'œil eſt alors dans le même cas qu'une main qui, au prêmier moment qu'elle toucheroit, ſaiſiroit le bout d'un bâton. Il eſt évident que cette main ne connoîtroit que le bout qu'elle tiendroit; elle ne ſauroit encore rien découvrir de plus dans la ſenſation.

Je ne puis être de l'avis de M. de Condillac; & je penſe que le ſens de la vue ſervant à nous faire connoître la forme, la poſition, & même la diſtance reſpective des objets dont nous ſommes environnés, tout me porte à croire que nous les rapportons naturellement hors de nous : car, comment concevoir autrement qu'un tableau auſſi petit que celui qui ſe peint ſur la rétine, puiſſe donner une ſenſation auſſi étendue, que celle que nous éprouvons à l'aſpect des corps ? D'ailleurs, comment une peinture renverſée pourroit-elle, dans ce cas, être deſtinée à nous donner l'idée d'une image droite, ou nous obliger à rectifier, par l'habitude perpétuelle & réfléchie du toucher, l'erreur que le méchaniſme de l'organe produiroit ſur la poſition de l'objet?

Mais, ſi nous prouvons que la direction, ſelon laquelle nous ſommes forcés de juger les objets, eſt abſolument indépendante du ſens du toucher, nous ôtons à l'aſſertion de l'Auteur du Traité des Senſations, toute ſa force.

M. d'Alembert a remarqué le premier, dans ſes Opuſcules Mathématiques, que le rayon qui frappe le fond de l'œil ne devoit pas affecter l'organe, ſelon ſa propre direction; mais que ſon action devoit s'exercer & s'eſtimer, conformément aux loix de la méchanique, c'eſt-à-dire, ſelon une direction perpendiculaire à la courbure, que le fond de l'œil forme en cet endroit: or, ſi la remarque de M. d'Alembert ſe trouve confirmée par l'expérience, comment pourra-t-on déſormais concilier les leçons que les yeux reçoivent du toucher avec une loi, qui (*ſi l'on en excepte le cas particulier où l'axe optique ne ſouffre pas de réfraction*) nous fait rapporter les objets que nous regardons dans une direction différente de celle où ils ſont réellement placés? Ainſi, ſi, quelle que ſoit l'inclinaiſon des rayons ſur un point quelconque de la rétine, l'impreſſion qui en réſulte ſe rapporte toujours dans le ſens de la perpendiculaire, il eſt évident que, pour qu'ils nous paroiſſent droits, il faut que leurs images ſoient peintes, renverſées ſur notre rétine. Par conſéquent, ſi nous rapportons les objets hors de nous, il faut, pour que nous les voyions dans leur ſituation naturelle, que la peinture qui s'en trace au fond de l'œil ſoit renverſée.

M. le Cat rapporte, dans ſon Traité des Sens, une expérience qu'il eſt néceſſaire de diſcuter ici; parce que l'explication qu'il en donne tendroit à prouver que nous voyons naturellement les objets renverſés.

» Placez une lumière à une diſtance
» médiocre d'un corps poli & très-con-
» vexe; de façon qu'il vous en revienne
» un petit point lumineux; (pour réuſſir
» plus ſûrement, empêchez que la pre-
» mière lumière ne tombe ſur vos yeux)
» fermez enſuite un œil, & regardez le
» point lumineux en rêvant, c'eſt-à-dire,
» l'œil relâché ou dilaté; ce point vous
» paroîtra plus gros & rayonné : alors, ſi
» vous placez votre doigt à droite de l'œil
» ouvert, & que vous l'approchiez de
» l'axe de cet œil de droite à gauche pour
» couvrir

» couvrir ce point lumineux, vous verrez
» diſtinctement l'ombre de votre doigt
» venir au contraire de gauche à droite,
» & paſſer ſur le point lumineux dans le
» ſens oppoſé à la direction que vous lui
» donnez. Si vous faites enſuite paſſer
» devant le point lumineux votre doigt
» de gauche à droite, ſon ombre y paſ-
» ſera de droite à gauche; enfin, ſi vous
» l'y faites paſſer de haut en bas, ou de
» bas en haut, ſon ombre paſſera toujours
» en ſens contraire ſur le point lumineux.
» Il eſt donc ſenſible (*dit le ſavant Au-*
» *teur du Traité des Sens*) que l'ame voit
» alors les objets renverſés, comme leurs
» images le ſont dans l'œil, & qu'elle rap-
» porte les impreſſions aux endroits de
» l'œil où elle les ſent, & non aux en-
» droits d'où les rayons viennent, comme
» elle le fait, quand elle peut rectifier
» ſon jugement; car ici, elle voit aller
» mon doigt de gauche à droite, quand
» il va réellement de droite à gauche;
» donc l'ame rapporte alors les impreſ-
» ſions renverſées comme elle les ſent;
» donc, elle ne corrige pas ſon jugement.
» Et d'où vient? c'eſt ſans doute parce
» que ce point lumineux n'a ni haut ni
» bas, ni côté droit ni côté gauche, ni

» aucun objet voiſin, très-éclairé, qui
» réveille & fixe l'attention de l'ame; en
» un mot, il n'y a rien qui puiſſe déter-
» miner ſon jugement«.

L'explication donnée par M. le Cat de ſon expérience, ne me paroît pas admiſſible; car il eſt palpable que ſi, regardant un point lumineux, je fais paſſer devant mon œil un corps opaque, comme dans l'expérience citée, ce corps opaque ne peut former aucune ombre; mais ſeulement diminuer la clarté de ce point dans mon œil.

Il me paroît qu'on peut rendre raiſon de cette expérience de la manière ſuivante.

Soit C (*fig.* 3), le centre d'un miroir convexe PQ, ſur lequel un point lumineux envoie des rayons. Il en eſt un CA qui paſſe par le centre, & ſert avec la formule connue des miroirs convexes à déterminer la peinture imaginaire de ce point en *a* : donc, le point A réfléchi par le miroir convexe ſe peint en *x* ſur la rétine de l'œil, repréſenté par la lentille OM : B repréſente le doigt ou le corps opaque que je fais paſſer devant l'œil, pendant que je regarde dans le miroir le point lumineux. Si le corps B étoit éclairé du côté de l'œil, il viendroit ſe rendre en Y : mais il ne l'eſt pas dans l'expérience en queſtion : donc, il ne doit point y avoir en Y de peinture de ce point. Nous avons auſſi prouvé qu'il ne pouvoit pas faire ombre dans l'œil ; par conſéquent, ce corps ne peut être apperçu que dans le miroir où il doit paroître en B comme une ombre, parce qu'il n'a été éclairé que par un miroir convexe, qui, dans ce cas, n'envoie que des rayons très-divergens. Il eſt donc palpable que ce corps vu en *b* ſe peindra en *z* ſur la rétine : par conſéquent, le corps B doit paroître en *b*, à gauche du point lumineux vu en Q dans le miroir convexe, quoiqu'il ſoit en B, à droite de ce point Q.

Puiſque l'expérience de l'Auteur du Traité des Sens n'a plus rien qui nous arrête, nous pouvons nous occuper de la direction ſelon laquelle nous rapportons les objets.

M. d'Alembert révoque en doute, dans le premier volume de ſes Opuſcules Mathématiques, ce prétendu axiome des Opticiens, que tout objet, ou plutôt tout point viſible eſt apperçu dans le rayon qui va de ce point viſible à l'œil.

Cette propoſition, remarque M. d'Alembert, ne paroît devoir ſouffrir aucune difficulté, lorſque le rayon viſuel eſt dans l'axe optique ; parce qu'alors le rayon viſuel traverſe l'œil en ligne droite, ſans ſouffrir aucune réfraction ; mais il n'en eſt pas ainſi des rayons qui entrent dans l'œil obliquement, & qui viennent des côtés de l'objet ; car ces rayons ſouffrent néceſſairement des réfractions dans les humeurs de l'œil ; de ſorte que la partie du rayon qui frappe le fond de l'œil, & qui eſt la cauſe immédiate de la viſion, n'eſt pas en ligne droite avec la partie du rayon qui eſt venue du point viſible à l'œil. Ce n'eſt pas tout, ajoute M. d'Alembert, le rayon qui frappe le fond de l'œil n'affecte pas l'organe ſuivant ſa propre direction. Mais ſon action ſur le fond de l'œil doit s'exercer & s'eſtimer, conformément aux loix de la méchanique, c'eſt-à-dire, ſuivant une direction perpendiculaire à la courbure, que le fond de l'œil forme en cet endroit.

Les expériences ſuivantes paroiſſent confirmer cette aſſertion.

Prenez une plaque de cuivre percée de deux petits trous, diſtans l'un de l'autre d'une ligne : adaptez vis-à-vis des deux petits trous un verre biconcave, de douze lignes de rayon ; enfumez légèrement la moitié de ce verre ; faites répondre à un des trous de la plaque de cuivre la partie enfumée du verre, & à l'autre trou, la partie du verre qui n'eſt pas enfumée; regardez enſuite, à la diſtance de douze ou quinze pieds, la flamme d'une bougie: vous verrez deux points lumineux, ſéparés l'un de l'autre par un intervalle très-ſenſible.

Cette expérience prouve que nous ne jugeons pas de la direction des objets par celle des rayons. En effet (*fig.* 4), ſoit A, la flamme d'une bougie; ſoit BD, le verre biconcave, dont la partie B eſt enfumée; ſoit encore E & F, les deux trous percés dans la plaque de cuivre, & diſtans l'un de l'autre d'une ligne.

Il eſt évident que les rayons AF, qui traverſent la partie F du verre biconcave, ſe rendent en *h*, après avoir ſubi différentes réfractions produites par le verre & par les humeurs de l'œil.

Les rayons AE, qui paſſent par la partie enfumée B du verre, ſe rendent de la même manière en *g*. Mais, au lieu de juger les deux images *h*, *g*, ſelon les directions *h*F, & *g*E, on les rapporte au contraire, ſelon les directions *g*K & *hi*.

On ne peut pas craindre de ſe tromper ſur ces directions, à cauſe de la couleur rouge de l'image *g*.

En variant cette expérience avec des verres concaves & convexes de différentes ſphéricités, on trouvera que l'inclinaiſon des rayons qui frappent la rétine, n'indiquent que dans quelques circonſtances particulières, la direction ſelon laquelle nous jugeons les objets.

Pour connoître avec précision cette direction, je m'y ſuis pris de la manière ſuivante.

J'ai pris une plaque de cuivre percée de deux petits trous, diſtans l'un de l'autre de deux lignes : je n'adapte pas de verre à cette plaque comme dans l'expérience précédente, parce que j'ai la vue ſi courte, que les objets doivent être placés à la diſtance de ſoixante-ſix lignes de mon œil, pour que je les voye diſtinctement (ceux qui répéteront cette expérience, ſans avoir la vue très-courte, ſeront obligés de ſe ſervir d'un verre convexe, pour ſe procurer un miopiſme artificiel, néceſſaire au ſuccès de l'expérience en queſtion).

Si je regarde par les deux petits trous de la plaque de cuivre la flamme de deux bougies, écartées l'une de l'autre de ſix pouces, je ne vois que deux bougies quand mon œil eſt à la diſtance de ſoixante & ſix lignes de ces objets. Mais à la diſtance de ſix pieds, j'en diſtingue quatre ; à dix-huit pieds je n'en vois que trois, parce qu'il y en a deux qui ſe confondent ; enfin, à vingt-quatre pieds, j'en diſtingue encore quatre. Il ſuit de-là que, pour ma vue, l'écartement apparent des bougies eſt égal à leur écartement réel, lorſque mon œil en eſt éloigné de dix-huit pieds : par conſéquent, ſi je regarde à cette même diſtance de dix-huit pieds la flamme d'une ſeule bougie par deux petits trous, diſtans l'un de l'autre de deux lignes, les deux images qui ſe tracent ſur la rétine ſe rapportent, ſelon deux lignes, qui font entre elles un angle d'un degré trente-ſix minutes ; car cet angle eſt déterminé par la diſtance de dix-huit pieds, & l'écartement des deux bougies, qui eſt de ſix pouces.

Il s'agit donc de trouver, par le calcul, l'intervalle qui ſépare au fond de l'œil les deux images de la flamme de la bougie : or, rien n'eſt plus facile, en ſuppoſant connues les dimenſions de l'œil, & la force réfractive des milieux. Ces meſures n'ont pas beſoin de préciſion pour l'objet en queſtion.

Suppoſons, avec M. Petit, le rayon de courbure de la cornée de 3 , 5 de ligne ſa diſtance au cryſtallin, de 1 , 3 de ligne le rayon de courbure de la ſurface antérieure du cryſtallin, de 3, 5 de ligne, & celui de la ſurface poſtérieure, de 2, 5 de ligne, ſon épaiſſeur, deux lignes.

J'ai trouvé en outre, par des expériences faites avec ſoin ſur la force réfractive des humeurs de l'œil humain, que la réfraction moyenne du corps vitré eſt de 1, 392 à 1, & celle de l'humeur aqueuſe de 1, 329 à 1. Je n'ai pas déterminé celle du cryſtallin, parce qu'il perd ſa tranſparence lorſqu'on l'enferme entre deux calottes de verres, & qu'on le force à en prendre les courbures. Ainſi, je me ſervirai du rapport donné par M. Jurin, qui eſt de 1, 46 à 1, en attendant que je puiſſe m'aſſûrer de l'exactitude de cette détermination.

C'eſt à M. Tenon que je ſuis redevable des expériences que j'ai faites ſur l'œil de l'homme & ſur celui du bœuf. Je n'ai apperçu aucune différence entre leurs pouvoirs réfractifs. Il me reſte encore à fixer la force diſperſive de ces milieux; & ce n'eſt qu'à l'aide de la machine, dont on trouvera plus bas la deſcription, que je puis parvenir à un réſultat précis.

La diſtance *g a* (*fig.* 5), de l'objet à mon œil, pour la viſion parfaite, étant de *66* lig.

m & h, les deux trous éloignés l'un de l'autre de deux lignes, on trouvera par les dimenſions données précédemment, que les rayons $g\,m$ & $g\,h$ ſe réuniſſent en r ſur la rétine; mais lorſque la diſtance $g\,a$, au lieu d'être de ſoixante-ſix lignes, ſera de dix-huit pieds, alors les rayons qui paſſent par les trous m & h ſe réuniſſent en K, & tombent ſur les points o & q de la rétine $o\,r\,q$. La diſtance $o\,q$, entre ces deux points, ſe déduit des ſuppoſitions que nous venons de faire, ainſi que la diſtance du centre de la cornée à la rétine. D'où il ſuit que $a\,r = 10,\ 29$ de ligne, & $o\,q = 0,\ 146$ de ligne.

Mais en regardant à travers de deux trous, diſtans l'un de l'autre de deux lignes, la flamme d'une bougie placée à dix-huit pieds de mon œil, l'expérience prouve que je juge les deux petites images qui s'en tracent ſur la rétine ſous un angle d'un degré trente-ſix minutes: or cet angle de $1^{\circ}\,36'$ pour corde $o\,q = 0,\ 146$ de ligne, dont le rayon $P\,r = 5,\ 228$ lignes; par conſéquent le point P ne diffère pas ſenſiblement du centre de l'œil: ainſi l'action des rayons qni frappent le fond de l'œil, s'exerce & s'eſtime conformément aux loix de la méchanique, c'eſt-à-dire, ſelon une direction perpendiculaire à la courbure de la rétine, comme M. d'Alembert l'avoit imaginé.

Il me paroit aſſez vraiſemblable que la viſion s'opère par un mouvement de vibration communiqué aux houppes nerveuſes qui tapiſſent le fond de l'œil; car ſi ces houppes nerveuſes ſont ſuſceptibles de contraction comme la prunelle, cette contraction n'expliqueroit-elle pas aſſez naturellement comment des objets placés à des diſtances inégales, ſont ſenſiblement vus avec la même diſtinction? Cette hypothèſe n'a, ce me ſemble, rien de choquant, & paroît ſe déduire naturellement de l'expérience dont les Oculiſtes ſe ſervent pour connoître la nature de l'œil ſoumis à leur examen.

Cette épreuve conſiſte à placer l'œil devant une lumière vive: on le tient d'abord fermé, puis on l'ouvre ſubitement. Si la prunelle ſe reſſerre beaucoup, l'œil eſt bon; ſi elle ſe reſſerre peu, on peut aſſûrer que cet œil voit foiblement; mais ſi elle eſt immobile, cet œil ne voit pas du tout.

Le bon œil reſſerre ſa prunelle, parce

que l'organe immédiat de la vue eſt frappé par une lumière vive qui l'aiguillonne, & met ſes fibres en contraction. Le mauvais œil reſte immobile, parce que l'organe immédiat de la vue n'eſt plus ſenſible à l'impreſſion de la lumière. J'ai éprouvé qu'on ne pouvoit parvenir à faire reſſerrer la prunelle en faiſant tomber obliquement ſur l'iris une lumière très-vive, telle que celle qui eſt produite par le foyer d'un verre convexe qui réunit la flamme d'une bougie ſur l'iris, ſans que cette lumière puiſſe faire aucune impreſſion ſur l'organe immédiat de la vue. Dans un Mémoire que je lus en 1770 à l'Académie ſur ce ſujet, j'étois dans l'opinion de la plupart des Phyſiciens, ſur la variabilité du foyer de l'œil. Cette ſuppoſition me laiſſa des doutes ſur la préciſion de l'aſtromètre ou héliomètre de M. Bouguer. En effet, ſoit S & T (*fig. 6.*), deux étoiles qui font entr'elles l'angle SCT, les rayons qui partent de l'étoile T, tombent ſur la lentille B qui les réunit en C; les rayons émanés de l'étoile S paſſent de même par la lentille A, qui les réunit auſſi en C.

Ne conſidérons d'abord que les axes optiques, les rayons principaux BC, AC, rencontrent l'oculaire, l'un en D, & l'autre en E.

La diſtance du foyer C à l'oculaire étant égale dans les vues ordinaires, à-peu-près à la diſtance focale de l'oculaire, tous les rayons ſortent de l'oculaire parallèles entr'eux, ſans en excepter les axes optiques BD, AE: il eſt donc inutile pour notre objet, que le diamètre de l'oculaire excède l'ouverture de la prunelle, ſoit CG, diſtance focale de l'oculaire égal un pouce, lorſque la diſtance focale des objectifs eſt de 36 pouces. Si DE ouverture de la prunelle eſt de deux lignes GE = GD = 1 lignes, on aura GC à GE comme le rayon des tables eſt à la tangente de l'angle GCE; ainſi l'angle GCE ſera de 9° 36′ quand les rayons qui viennent de C ont une direction telle qu'ils ne peuvent tomber que ſur les extrêmités de la prunelle, ce qui eſt préciſément la même choſe que ſi on ſe ſervoit, comme dans les expériences précédentes, d'une plaque de cuivre percée de deux trous, diſtans l'un de l'autre de deux lignes, pour regarder le point C: ainſi il eſt palpable qu'on doit voir deux images de ce point C toutes les fois que les rayons émanés de ce point ne coïncéderont pas exactement ſur le même point de la rétine.

Or cette condition n'eſt jamais rigoureuſement néceſſaire pour la viſion parfaite, ſur-tout dans cet inſtrument où les faiſceaux de lumière CE & CD n'occupent qu'une très-petite partie de la prunelle. Réciproquement on pourroit ne voir qu'un ſeul objet, quand même il y auroit deux objets ſéparés au point C ; & cela doit arriver quand les rayons émanés de ces deux points ſe réuniſſent au fond de l'œil : mais ce qu'il importe ſur-tout de remarquer, c'eſt que la ſeule variation du foyer de l'œil devroit produire une variation de quinze à ſeize minutes dans les arcs de huit à neuf degrés, qui eſt, comme nous l'avons vu, la plus grande extenſion que l'on peut donner à cet inſtrument. Or on ne remarque pas d'auſſi grandes variations, & je me ſuis aſſûré par expérience que même le plus ou le moins d'intenſité de lumière dans les objets que je regardois par cet inſtrument, ne cauſoit pas de grands changemens dans la meſure d'angles de 8 à 9 degrés, quoique les différens degrés d'intenſité que je me propoſois, faiſoient varier ſenſiblement ma prunelle ; d'où je conclus que le foyer de l'œil ne varie pas ſenſiblement, ou du moins autant que je croyois avant mes expériences ſur l'aſtromètre de M. Bouguer.

Le Rapport des Commiſſaires de l'Académie, non-ſeulement fixera d'une manière préciſe l'époque du commencement de mes recherches ſur ce ſujet, mais encore fera voir une erreur de calcul qui m'avoit fait trouver la diſtance *o q* des deux images ſur le fond de l'œil de 0, 291, au lieu qu'elle n'eſt que la moitié, c'eſt-à-dire, 0, 146 lignes. Cette erreur même prouve que je n'étois préoccupé d'aucune hypothèſe, lorſque j'ai fait ce travail, puiſque le rayon de l'arc qui meſure le vrai écartement ne paſſeroit pas le centre de l'œil s'il eût été de dix lignes, comme je le croyois alors.

EXTRAIT des Regiſtres de l'Académie Royale des Sciences, du 30 Janvier 1771.

MESSIEURS Bezout, de Bory & moi, Commiſſaires nommés par l'Académie, avons examiné un Mémoire de M. l'Abbé de Rochon, contenant des Expériences ſur la viſion, & des recherches ſur quelques queſtions qui concernent cet organe.

L'expérience qui ſert de fondement à

ces recherches, eſt déjà connue : ſi on perce une carte de deux petits trous, dont la diſtance ſoit un peu plus petite que le diamètre de la prunelle, & qu'enſuite, en mettant cette carte très-proche de l'œil, & faiſant répondre les deux petits trous aux extrêmités de la prunelle, on regarde une bougie dans un certain éloignement, cette bougie paroîtra double, & l'écartement des deux images ſera d'autant plus grand, qu'on aura la vue plus courte.

M. l'Abbé de Rochon remarque d'abord qu'en ſe mettant à une certaine diſtance de la bougie, il n'en paroît qu'une ſeule, & cette diſtance ſe trouve préciſément être celle où l'œil libre voit le plus diſtinctement les objets ; ſi on ſe rapproche, ou ſi on s'éloigne de ce point, la bougie paroît double. Delà l'Auteur conclut que, dans le premier cas, les deux faiſceaux de rayons qui paſſent par les trous de la carte, ne font qu'une ſenſation unique ſur l'organe, c'eſt-à-dire, que leur foyer ſe trouve préciſément ſur la ſurface de la rétine, ou plutôt ſur le velouté de la choroïde, & que dans les autres cas il y a deux impreſſions diſtinctes ſur la choroïde, ce qui montre qu'alors les foyers des faiſceaux ſont en deçà ou en delà de cette membrane. Cette remarque conduit M. l'Abbé de Rochon à la recherche de la direction, ſuivant laquelle on rapporte des objets, recherche délicate dont nous allons eſſayer de rendre compte.

M. l'Abbé de Rochon commence par déterminer l'angle d'écartement que produit dans ſon organe l'inſpection d'une bougie à travers deux petits trous, dont les centres ſont exactement à deux lignes de diſtance l'un de l'autre; pour cela il place deux petites bougies diſtantes entre elles de ſept pouces : il les regarde d'abord à la diſtance de dix lignes; & comme c'eſt le point où M. l'Abbé de Rochon voit le plus diſtinctement les objets, par ce que nous avons dit ci-deſſus, qu'il ne voit alors que deux bougies; il s'éloigne enſuite inſenſiblement, & chacune de ces bougies commence à paroître double; enfin en s'éloignant davantage des quatre bougies qu'il voit, les deux qui ſont dans le milieu ſe rapprochent, & lorſque l'œil eſt à vingt pieds de diſtance, elles coincident parfaitement, & M. l'Abbé de Rochon ne voit plus que trois bougies; d'où il conclut qu'alors les deux images de chaque bougie ſe ſont écartées de ſept pouces, ce qui eſt la diſtance à laquelle les deux

bougies

bougies avoient été placées entre elles.

Le ſinus de l'angle d'écartement eſt donc de 7 pouces diviſés par 20 pieds, ce qui donne 1° 40′ pour l'angle ſous lequel M. l'Abbé de Rochon voit les deux images de la même bougie, lorſque les trous faits dans la carte ſont éloignés de deux lignes, & que cette bougie eſt à vingt pieds de ſon œil; cet angle varie, comme on le penſe bien, ſuivant les différentes vues, & M. l'Abbé de Rochon a fait pluſieurs expériences pour le confirmer.

Voyons à préſent l'angle que les deux faiſceaux font dans l'œil. Suivant les Anatomiſtes, la diſtance ordinaire de la prunelle à la rétine eſt de $10\frac{1}{3}$ de lignes, & par conſéquent la diſtance focale de l'œil de M. l'Abbé de Rochon, lorſqu'il regarde des objets placés à 70 lignes de ſon œil, eſt de $10\frac{1}{3}$ lignes. Maintenant en conſidérant l'œil comme un objectif lenticulaire quelconque, M. l'Abbé de Rochon trouve que ſi à la diſtance de 70 lignes, la diſtance focale eſt de $10\frac{1}{3}$ lignes, elle doit être de 9, 02 lignes lorſque les objets ſont à vingt pieds de diſtance: par conſéquent dans l'expérience que l'Auteur vient de citer, les deux faiſceaux de rayons faiſoient dans l'œil un angle dont la corde eſt de 2 lignes, & le rayon de 9, 02 lignes, c'eſt-à-dire, un angle de 12° 48′, environ huit fois plus grand que le vrai angle d'écartement meſuré par l'expérience; d'où M. l'Abbé de Rochon tire cette premiere conſéquence, qu'on ne rapporte point les objets dans la direction, ſuivant laquelle ſe fait l'impreſſion ſur l'organe. Pour déterminer la vraie direction qu'on voudroit connoître, l'Auteur cherche dabord la diſtance des deux images ſur le fond de l'œil, & il trouve, d'après les calculs précédens, qu'elles doivent être éloignées de 0, 291 lignes, cherchant enſuite le rayon d'un arc qui meſureroit le vrai écartement donné par l'expérience, c'eſt-à-dire, l'angle de 1° 40′, & qui auroit pour corde 0, 291 lignes, il trouve environ 10 lignes. L'auteur a fait la même expérience ſur d'autres yeux, & il a toujours trouvé qu'on rapportoit les objets à un point placé dans l'axe de l'œil à la diſtance de 9 à 10 lignes du fond de la choroïde. M. l'Abbé de Rochon ſoupçonne que ce pourroit être le rayon de courbure de la partie de la choroïde qui reçoit ordinairement l'impreſſion des rayons, & dans ce cas ſon réſultat confirmeroit une conjecture de M. d'Alembert, qui, en regardant les rayons qui frappent la rétine comme des corps quelconques qui frappent une ſurface, concluoit, d'après les regles ordinaires du choc des corps, que l'impreſſion devroit ſe faire ſuivant une direction perpendiculaire à la ſurface du fond de l'œil.

M. l'Abbé de Rochon confirme par pluſieurs expériences le réſultat qu'il a trouvé : nous ne nous y arrêterons pas, non plus que ſur quelques autres queſtions que l'Auteur traite dans ſon Mémoire, & nous paſſerons à une application intéreſſante qu'*il fait de l'expérience fondamentale* à l'examen d'un défaut des Aſtromètres. On ſait que l'aſtromètre ou l'héliomètre de M. Bouguer eſt composé de deux demi-objectifs qu'on fait mouvoir ſur la circonférence d'un cercle dont le rayon eſt la diſtance focale des objectifs. Si par le moyen de cet inſtrument on regarde deux points lumineux qui faſſent à notre œil un angle égal à celui que ſoutendent ſur l'aſtromètre les centres des deux objectifs, & qu'on place enſuite un oculaire dont le foyer ſoit celui des objectifs, les deux images ſortiront parallèles de l'oculaire, & ſéparées entre elles de la même maniere que dans l'expérience fondamentale de la carte percée de deux trous: il ſuit delà que les phénomènes trouvés dans cette expérience auront auſſi lieu dans l'aſtromètre, ſuivant l'écartement qu'auront les deux images.

Pour nous aſſûrer de la vérité de ce qu'avance M. l'Abbé de Rochon, nous avons fait quelques expériences avec un aſtromètre propre à meſurer de grands angles, tel que ceux que M. de Charnieres, Lieutenant de vaiſſeau, a imaginé de conſtruire pour meſurer à la mer les diſtances d'étoiles à la lune. Notre aſtromètre a vingt pouces de rayon, & les oculaires ont neuf à dix lignes de foyer; nous avons meſuré d'abord un écartement de deux objets fort éclairés qui s'eſt trouvé de 5° 42′, nous avons mis enſuite devant notre œil un objectif qui devoit produire l'effet du miopiſme, & avec lequel nous ne voyions les objets diſtinctement qu'à la diſtance de cinq pouces; cet objectif ainſi placé, nous avons vu que les deux images qui étoient d'abord en contact, ſe ſont croiſées, & nous avons été obligés, pour reproduire le contact, de donner aux objectifs un mouvement de 1′ 30″. Nous avons trouvé enſuite pour un angle d'écartement de 7° 10′ un changement de 2′; ainſi la remarque de M. l'Abbé de Rochon eſt très-juſte, & il eſt vrai que des yeux différemment conformés meſurant avec l'aſtromètre de M. Bouguer l'écartement de deux objets éloignés, ne trouveront pas la même meſure. Cependant nous remarquerons que, ſi l'oculaire étoit placé pour chaque œil de manière que les objets paruſſent parfaitement diſtincts, alors le point de contact ſeroit le même pour les yeux; mais outre que cette détermination eſt toujours aſſez délicate, il arrive que ſouvent le foyer de notre œil varie, & qu'alors il doit y avoir une erreur dans la meſure de l'angle: il ſeroit important de déterminer par expérience juſqu'à quel point cette erreur peut aller.

Voilà ce que nous avions à dire de plus eſſentiel ſur le Mémoire de M. l'Abbé de Rochon; ce Mémoire annonce dans l'Auteur des vues fines & délicates: nous l'invitons à ſuivre de plus en plus ſon travail ſur le méchaniſme de la viſion, & nous l'engageons en particulier à s'aider de toutes les connoiſſances que la Géométrie & l'Anatomie réunies pourront lui procurer, pour décider ſi en effet nous rapportons les objets dans une direction perpendiculaire à la partie de la choroïde frappée par les rayons. Quant aux remarques ſur l'aſtromètre de M. Bouguer, nous ne ſaurions avoir trop de détails ſur cette matiere, & nous penſons que l'Académie verroit avec plaiſir des expériences détaillées faites avec cet inſtrument. En attendant, nous croyons que le Mémoire de M. l'Abbé de Rochon mérite les éloges de l'Académie & l'impreſſion dans les volumes des Savans étangers. Au Louvre le 30 Janvier 1771. **Bory**, le Chevalier **Borda**.

Je certifie le préſent Extrait conforme à l'original & au jugement de l'Académie, ce 30 Janvier 1778. Le Marquis DE CONDORCET.

POURQUOI ne voyons-nous pas les objets doubles, puiſque nous avons deux yeux ?

QUAND on regarde un objet des deux yeux, ſon image ſe peint ſur l'une & l'autre membrane qui tapiſſe le fond de l'œil. Cependant on ne voit pas l'objet double, ſi ces deux peintures ſe font ſur des parties correſpondantes des rétines : quelle peut être la cauſe de cette ſenſation unique ? N'y a-t-il qu'une image à laquelle l'ame ſoit attentive, ou bien les deux images concourent-elles à l'émouvoir ?

On croit aſſez généralement que les deux impreſſions contribuent à la ſenſation. Pluſieurs Philoſophes célèbres penſent même que nous voyons d'abord les objets doubles, & que ce faux jugement eſt enſuite rectifié par le toucher.

M. Smith raconte qu'une perſonne ayant les yeux dérangés par un coup à la tête, vit très-longtemps les objets doubles, mais que peu-à-peu il vint à juger ſimples ceux qui lui étoient les plus familiers, & qu'enfin, après bien du temps & par degré, il les jugea tous ſimples comme auparavant, quoique le dérangement de ſes yeux ſubſiſtât toujours. A ce fait ſurprenant joignons & diſcutons des expériences intéreſſantes, par leſquelles M. Dutour a voulu prouver que l'ame n'étoit émue que par une des impreſſions.

» J'ai collé (dit M. Dutour) ſur l'une
» des faces d'une feuille de carton, un cercle
» de taffetas bleu d'un pouce de diamètre,
» & ſur la face oppoſée un autre cercle
» de pareille grandeur de taffetas jaune,
» de ſorte que les deux cercles ſe trouvoient
» exactement adoſſés l'un à l'autre ſans
» ſe déborder aucunement. J'ai diſpoſé ce
» carton tout contre mon nez dans un
» plan vertical & perpendiculaire à mon

» viſage. De mon œil droit je voyois ſeu-
» lement la tache bleue, & non la jaune,
» & c'étoit celle-ci qui s'offroit à mon œil
» gauche, excluſivement à la bleue; ainſi
» chacune de ces taches ſe peignoit ſépa-
» rément, la bleue dans mon œil droit,
» la jaune dans mon œil gauche. Cepen-
» dant je ne diſcernois en tout qu'une
» ſeule tache; des deux images, il ne ré-
» ſultoit dans mon ame que la perception
» d'un objet unique.

» Si cette perception (ajoute M. Du-
» tour) eût été le produit combiné des
» impreſſions ſimultanées des deux ima-
» ges, la tache n'auroit-elle pas dû paroî-
» tre verte? Or je n'ai pu y démêler au-
» cune teinte de vert. Cette tache unique
» que j'appercevois, me paroiſſoit tantôt
» bleue, tantôt jaune, ſelon apparemment
» que les rayons de lumière réfléchis par
» l'un ou par l'autre de ces deux cercles,
» frappoient avec plus d'énergie l'un ou
» l'autre de mes yeux, & quelquefois auſſi
» la tache me paroiſſoit mi-partie de bleu
» & de jaune léger. J'attribue encore à ce
» que certaine portion du cercle bleu s'of-
» froit plus avantageuſement à ma vue
» que les endroits correſpondans du cercle
» jaune, tandis que réciproquement le

» cercle bleu affectoit plus foiblement
» ma vue que la partie correſpondante
» du cercle jaune.

» N'y a-t-il pas lieu de conclure delà qu'en
» un même inſtant mon ame ne reſſentoit
» l'impreſſion que de la moitié de la ſomme
» des rayons de lumière réfléchis par les
» deux cercles, & qu'elle ne ſauroit être
» affectée à la fois par deux points cor-
» reſpondans des deux ? Car ſi cela étoit,
» ces deux points qui dans la perception
» de l'objet ſe trouveroient appliqués l'un
» ſur l'autre, ne ſeroient repréſentés que
» par un ſeul, qui ſeroit coloré tout à la
» fois en bleu & en jaune, & par conſé-
» quent devroit paroître vert......

» Si on regarde des deux yeux le point
» A (*fig.* 7.) ſuppoſé à 4 ou 5 pouces de
» diſtance, & qu'on place ſur les axes
» optiques EA, GA, en deçà du point A
» de leur interſection, deux petits mor-
» ceaux de taffetas, l'un bleu en D,
» l'autre jaune en C, on ne verra qu'une
» ſeule tache ou bleue ou jaune, ou mi-
» partie de ces deux couleurs, & jamais
» verte; on la jugera ſituée ſur la ligne
» AA qui coupe en deux parties égales
» l'angle DAC.

» Il y auroit une troiſième façon de

» les diſpoſer ſur les axes optiques, ſavoir, au delà du point A de leur interſection, en P & en N, par exemple, & les apparences ſeront encore les mêmes alors tant qu'on ne pourra diſcerner chacun de ces deux objets qu'avec un œil.

» Pour obſerver cette condition, il faut placer entre les yeux & les objets un carton K (*fig.* 8.) percé d'un trou, où l'on fera rencontrer le point A d'interſection des axes optiques EN, GP; par ce moyen on ne verra qu'une ſeule tache ou bleue ou jaune, ſi l'on a attention de tourner les yeux de façon que les deux morceaux de taffetas NP ſoient préciſément chacun dans la direction d'un des axes optiques.

» Si les faits que je viens de rapporter (dit M. Dutour) concourent à établir que de deux objets qui ſe peignent dans les yeux, il n'y en a qu'un ſeul qui affecte l'ame quand leurs images tombent ou au point des rétines où les axes optiques aboutiſſent, ou ſur des points correſpondans entr'eux, à plus forte raiſon ſerons-nous fondés à admettre qu'un même objet ne peut produire en pareil cas qu'une ſeule impreſ-

» ſion efficace ſur l'ame , quoiqu'il ſe
» peigne en même temps dans l'un & l'au-
» tre œil «.

On trouve dans les Tranſactions philoſophiques , nº. 358 , une expérience analogue à celles dont nous venons de rendre compte : au lieu de cercles jaunes & bleus on ſe ſervit de cercles verts & rouges , & même, pour mieux appercevoir le phénomène , on ſubſtitua aux cercles verts & rouges la *flamme* d'une allumette & un *fer* rouge; on vit alors une tache mi-partie de ces deux couleurs.

Quoi qu'il en ſoit, en examinant le principe qui ſert de baſe à l'aſſertion de M. Dutour , on ſent qu'il laiſſe de l'incertitude & de l'obſcurité ; car de ce que l'expérience apprend que la réunion des rayons jaunes & bleus donne du vert, peut-on en conclure qu'on aura la ſenſation de vert quand l'ame ſera affectée en même temps de la ſenſation de jaune par l'œil droit, & de la ſenſation de bleu par l'œil gauche? Au reſte , l'ame pouvant identifier difficilement, c'eſt-à-dire , rapporter à la même place deux objets hétérogènes , comme le jaune & le bleu, elle ſe trouve preſque forcée de ne s'occuper que de l'une de ces couleurs · on ſaiſit bien ſon état & l'embarras où elle ſe trouve, puiſqu'en répétant cette expérience avec une extrême attention, on voit un cercle jaune à travers un cercle bleu, & alternativement un cercle bleu à travers un cercle jaune, mais d'une manière très confuſe.

Je ſubſtitue (*fig.* 9.) aux deux cercles jaunes & bleus de M. Dutour, deux autres cercles de carton blanc : les chiffres (*un* & *ſix*) tracés ſur l'un de ces cercles, & les chiffres (*ſept* & *neuf*) tracés ſur l'autre, ont entr'eux un arrangement tel qu'il en réſulteroit le nombre 1769, ſi ces deux cercles étoient tranſparens & mis exactement l'un ſur l'autre. Je diſpoſe enſuite ces deux cercles comme dans les expériences de M. Dutour, de ſorte que les images tombent ſur des parties correſpondantes des rétines ; alors les deux cercles ne produiſent que la ſenſation d'un cercle ſur lequel 1769 ſemble tracé.

On peut faire cette expérience d'une manière plus compliquée, & toujours avec un égal ſuccès, pourvu qu'on n'ait pas l'habitude de ne regarder que d'un œil, ou une grande inégalité dans les deux yeux.

Il ſuit delà que l'on peut voir des deux yeux ; car ſi les deux yeux n'étoient pas ſenſibles en même temps à l'impreſſion des deux images qui tombent ſur les parties correſpondantes des rétines, on ne devroit jamais voir que 16 ou 79.

Lorſque les yeux ſont d'égale force, & que l'on regarde un objet des deux yeux, il ſemble (dit M. de Buffon) qu'on devroit le voir une fois mieux qu'avec un ſeul œil ; cependant la ſenſation qui réſulte de ces deux eſpèces de viſion, paroît être la même ; il n'y a pas de différence ſenſible entre les ſenſations qui réſultent de l'une & l'autre façon de voir. M. Jurin, dans ſon Eſſai ſur la viſion diſtincte, a trouvé par expérience qu'avec deux yeux égaux en force, on voyoit mieux qu'avec un ſeul œil, mais d'une treizième partie ſeulement. Comment ſe peut-il que cette cauſe, qui eſt double, produiſe un effet ſimple, ou preſque ſimple ?

J'ai cru (dit M. de Buffon) qu'on pouvoit donner réponſe à cette queſtion, en regardant la ſenſation comme une eſpèce de mouvement communiqué aux nerfs. On ſait que les deux nerfs optiques ſe portent au ſortir du cerveau vers la partie antérieure de la tête où ils ſe réuniſſent, & qu'enſuite ils s'écartent l'un de l'autre, en faiſant un angle obtus avant que d'arriver aux yeux ; d'où il réſulte (ſelon M. de Buffon) une perte de mouvement proportionnelle au co-ſinus de l'angle que les deux nerfs font entr'eux. Or cet angle étant d'environ cent degrés, la ſenſation réſultante des deux impreſſions ne doit ſurpaſſer en force que d'un treizième celle produite par chaque impreſſion ſéparée.

Quoi qu'il en ſoit, nous avons prouvé d'une manière inconteſtable, que l'on pouvoit ſentir en même tems les deux images qui ſe peignent ſur nos rétines dans des parties correſpondantes : il s'agit maintenant de ſavoir ſi nous voyons les objets doubles dès que nous commençons à diſcerner les objets, & ſi ce faux jugement eſt par la ſuite rectifié par le toucher.

Conſultons encore là-deſſus l'expérience ; elle ſeule doit toujours ſervir de baſe aux recherches phyſiques.

Prenez un priſme , qui produit une réfraction de deux degrés ; placez ce priſme devant l'œil droit, regardez enſuite la flamme d'une bougie des deux yeux ; ſi vous enfumez légèrement le priſme vous diſtinguerez plus aiſément l'image qui eſt deſſinée au fond de votre œil droit d'avec celle qui ſe peint dans votre œil gauche : la première de ces images eſt formée par des rayons réfractés par le priſme, &

légèrement colorés, tandis que la ſeconde image eſt vue par des rayons directs.

Il ſemble qu'on devroit voir les deux images de la bougie ſéparées par un intervalle de deux degrés, puiſque le priſme déplace les rayons qui entrent dans l'œil droit de cette quantité : cependant ces deux images ſe voyent dans cette expérience l'une ſur l'autre, lorſque l'axe du priſme eſt vertical (1). Or comment ſe peut-il que l'habitude nous faſſe dans l'expérience en queſtion rapporter à la même place les deux images de cette bougie, écartées par le priſme de huit à dix degrés ?

La vraie cauſe de cette illuſion n'eſt-elle pas plutôt dans la ſtructure même des yeux ? L'impreſſion faite ſur l'œil gauche par les rayons directs, force, ce me ſemble, l'œil droit de ſe diriger de manière que les rayons réfractés par le priſme dont il eſt armé, tombent ſur la partie correſpondante des retines, d'où réſulte dans tous les cas la perception des images à la même place. Un ſeul œil nous montre ſans doute la direction des objets ; mais les deux yeux ſont néceſſaires pour aſſigner leur vraie place : auſſi tenteroit-on vainement, avec un ſeul œil, de faire paſſer pluſieurs fois de ſuite un fil de fer ou une tringle attachée perpendiculairement à l'extrémité d'un long bâton, par une bague ſuſpendue par un fil très-délié au milieu d'un grand appartement, & préſentée de profil : ce n'eſt que par haſard, ſur-tout ſi le bâton eſt fort long & l'appartement fort vaſte, qu'on fera paſſer la tringle dans la bague, parce qu'un ſeul œil ne juge bien que l'alignement, mais des deux yeux on y réuſſira tout de ſuite.

---

(1) Quand l'axe du priſme eſt horizontal, alors l'objet paroît double, & les deux images paroiſſent l'une au deſſus de l'autre écartées de deux degrés ; ce qui prouve que l'œil n'a pas la faculté de ſe mouvoir de haut & bas comme de droit à gauche ; obſervation bien digne de remarque.

Cette expérience eſt ſi connue, qu'il eſt inutile de s'y arrêter ; mais j'ai dû la rapporter, parce qu'elle vient à l'appui de mon aſſertion.

Le jugement que nous portons ſur la diſtance & la grandeur des objets, eſt-il ſoumis à des principes connus ?

M. Smith dit, dans ſon Traité d'Optique, que l'idée de la grandeur de l'objet eſt ce qui nous donne celle de ſa diſtance, & par ce principe il explique comment certains objets éloignés & fort étendus, comme

comme des montagnes des villes vues au travers d'un air pur, paroiſſent ſenſiblement plus proches qu'ils ne paroiſſent lorſque l'air eſt chargé de vapeur. Car, dit M. Smith, l'idée d'une grandeur plus petite ou plus grande n'eſt pas une ſimple idée d'une plus petite ou d'une plus grande ſurface uniforme : elle renferme de plus l'idée d'un nombre plus petit ou plus grand de parties diſtinctes de l'objet connu non imaginé, mais actuellement apperçu. Or, puiſque les petites parties d'un objet connu, dont un air groſſier nous dérobe ordinairement la vue, ſe découvrent & s'apperçoivent plus clairement dans un air plus pur, l'objet doit paroître un peu plus près à travers l'air plus dur qu'à travers l'air groſſier & preſque à la même proximité à laquelle on le verroit, ſi on s'en approchoit aſſez pour découvrir autant de petites parties dans un air plus groſſier qu'on en a apperçu d'une plus grande diſtance dans un air plus pur. M. Smith dit preſque à la même proximité, parce que l'objet entier paroiſſant plus grand lorſqu'on le voit de plus près, ſon apparence plus grande contribuera à en diminuer la diſtance apparente, à quoi contribuera auſſi la vue d'une moindre étendue de pays interpoſé.

Dans la Peinture, on rend d'une manière frappante les grandeurs & les diſtances apparentes, en obſervant la dégradation de lumière, & en rendant les contours des figures plus foibles & plus ſenſibles, ſelon que les objets ſont plus ou moins éloignés, en proportionnant toutefois leurs dimenſions à leur diſtance de l'œil.

Les Anciens croyoient qu'un objet vu par réflexion ou par réfraction, étoit apperçu à l'endroit où le rayon rompu & réflechi, prolongé, coupe la perpendiculaire menée de l'objet ſur la ſurface réfringente ou réfléchiſſante. M. d'Alembert remarque dans ſes Opuſcules Mathématiques, qu'il ſeroit plus naturel & plus exact de rapporter le lieu de l'image à la perpendiculaire, menée de l'objet à la tangente au point de la ſurface où ſe fait la réflexion ou la réfraction, qu'à la perpendiculaire menée ſur la ſurface, laquelle eſt abſolument indépendante de la poſition du rayon réfléchi ou rompu, & du point réfléchiſſant ou rompant.

Le Docteur Barow, en répétant l'expérience qui paroît avoir ſervi de baſe au principe des Anciens, trouva, en regardant obliquement un fil à plomb plongé en partie dans l'eau, que la partie ſubmergée du fil paroiſſoit ſéparée de la partie du fil hors de l'eau, vu par réflexion; d'où il conclut que dans la réfraction l'image ne paroît point à l'endroit où le rayon rompu & la cathete d'incidence ſe touchent.

J'ai répété l'expérience de Barow, & j'ai vu comme lui l'image réfléchie du fil dans un autre plan que la partie ſubmergée du fil. Il eſt vrai que dans une eau tranquille où le fil à plomb n'a aucune oſcillation, une des images cache la vue de l'autre, à moins qu'elles ne ſoient d'inégales longueurs; car alors, quoique les deux images ſoient dans le même alignement par rapport à l'œil, le plomb paroît détaché du fil réfléchi.

On peut encore s'aſſûrer de cet écartement, en donnant au fil à plomb de petites vibrations.

Cette expérience n'offre rien, ce me ſemble, qui ne ſoit conforme aux loix connues de la réflexion & de la réfraction. En effet, ſi l'image réfléchi ſe trouvoit dans le même plan que l'image réfractée, que deviendroit alors l'effet de la réfraction?

Auſſi Barow ne s'en ſert que pour attaquer le principe des Anciens, & pour propoſer pour regle qu'un point quelconque vu par réflexion ou par réfraction, paroît au point de concours des rayons réfléchis ou rompus.

Barow avoue en même temps que les verres convexes ou concaves avec leſquels on peut varier à volonté le degré de divergence, & même rendre les rayons parallèles ou convergens, ne paroiſſent pas changer le lieu de l'objet, conformément à ſon principe; car ſi on regarde avec un verre convexe un point placé à un pied de diſtance de l'œil, & que ce verre ait une convexité ſuffiſante pour rendre parallèles les rayons émanés de ce point.

Ce point devroit, ſelon la regle propoſée par Barow, paroître dans un très-grand éloignement. Or l'expérience prouve qu'il ne change pas ſenſiblement de place; d'où il ſuit, ce me ſemble, que la regle en queſtion ne doit pas être adoptée.

Nous jugeons ſans doute les objets dans la direction des rayons rompus ou réfléchis, quoique cette direction n'aſſigne pas toujours leur place, quand on y joindroit le degré de divergence; mais l'illumination plus ou moins forte des objets, & la dégradation de lumiere des objets intermédiaires ont ſur cette détermination une influence à laquelle on ne peut ſe refuſer. C'eſt en les obſervant ſcrupuleuſement, que les Peintres parviennent à rendre le relief ſur des ſurfaces planes.

Pluſieurs inſtrumens d'optiques nous prouvent auſſi que, dès qu'on déplace un objet, ou plutôt dès qu'on l'iſole en changeant ſon degré d'illumination par rapport à l'œil, ſa diſtance ne paroît plus la même; c'eſt ce qui s'obſerve ſur-tout dans les lunettes. La chambre obſcure qui rend, ſur une glace dépolie, c'eſt-à-dire, ſur un plan, un payſage dans des proportions relatives au foyer de l'objectif, repréſente, quelque petit que ſoit le tableau, les diſtances & les grandeurs reſpectives avec une vérité qu'on ne peut ſe laſſer d'admirer, ſans toutefois donner une idée de la diſtance dont ces objets ſont de l'œil; ce qui provient du déplacement, de l'iſolement & du degré d'illumination du tableau.

Quand on regarde des objets, l'œil armé d'un verre convexe ou concave, les objets paroîſſent s'approcher ou s'éloigner en écartant plus ou moins ces verres de l'œil. D'où peut provenir ce mouvement, ſi ce n'eſt du degré d'illumination plus ou moins fort ? En effet, lorſque le verre convexe eſt contre l'œil, ce verre ne paroît pas influer d'une manière ſenſible ſur le lieu des objets ; mais ſi on l'écarte de l'œil, l'illumination deviendra plus forte, relativement à l'œil, & l'objet paroîtra par ce mouvement s'approcher. Ce ſera tout le contraire avec un verre concave, l'illumination diminuera en l'éloignant de l'œil, & ce mouvement le fera paroître s'éloigner.

Veut-on une expérience plus déciſive? Le priſme de cryſtal d'Iſlande la fournit.

Ce priſme, dont nous expliquerons bientôt l'uſage, jouit de la ſinguliere propriété de doubler les objets dans le ſens de ſon angle réfringent. Mais quoique les deux images ſoient d'égale force, les aſpects varient ſelon la poſition de l'axe du priſme par rapport à l'œil. (*fig.* 10 & 11.) En effet, quand l'axe eſt vertical, les deux images du même objet paroiſſent à côté l'une de l'autre également éclairées & à la même diſtance ; mais ſi l'axe du priſme eſt horizontal, l'apparence change ; l'image la plus élevée paroît toujours la plus éloignée. Ainſi les deux images ſont vues dans ce cas dans des plans très-différens ; c'eſt-à-dire, l'une au-deſſus de l'autre, à des diſtances d'autant plus inégales, que le payſage qu'on regarde eſt plus varié & a plus d'étendue; car les objets iſolés, tels que les corps céleſtes, ne font pas la même illuſion. Ce phénomène peut-il laiſſer encore des doutes ſur l'effet produit par les différentes illuminations ſur les diſtances? Si les deux images formées par le priſme de cryſtal d'Iſlande, deviennent par leur déplacement tranſparentes au point de ſe reſſentir du degré d'illumination des objets ſur leſquels elles portent, & qui les recouvrent, ne faut-il pas que l'image la plus élevée paroiſſe la plus éloignée, puiſqu'elle porte ſur des objets plus éloignés, & qu'elle eſt recouverte par l'image tranſparente des objets très-éloignés? Ainſi le même objet paroît à des diſtances très-inégales, ſans augmenter ni diminuer la divergence de ſes rayons, par la ſeule différence d'illumination.

Au reſte, il me ſemble ſi difficile d'aſſigner dans tous les cas le véritable lieu des objets, & cette détermination dépend de tant de circonſtances particulières, que j'ai cru devoir me borner dans cet Eſſai à rapporter les expériences qui jettent le plus de lumière ſur cette queſtion célèbre, ſans oſer prétendre à l'honneur de la réſoudre. D'ailleurs, pour l'attaquer avec quelque ſuccès, ne faudroit-il pas connoître la manière dont s'opèrent les ſenſations ?

On ne peut s'occuper des myſtères de la viſion, ſans penſer à l'idée ſublime de M. Euler, qui, en réfléchiſſant ſur la ſtructure de l'œil, ſoupçonne que cet organe n'eſt composé de différens milieux, que pour corriger l'aberration inévitable produite par la différente réfrangibilité d'un ſeul milieu. On peut ſans doute oppoſer à cette hypothèſe l'inutilité de la correction de l'aberration pour la viſion diſtincte, car le foyer de l'œil eſt ſi court, que cette aberration ne peut jamais être ſenſible. D'ailleurs, pour que cette correction eût lieu, ne faudroit-il pas que les couleurs produites par les humeurs aqueuſes & vitrées fuſſent conſidérablement plus fortes que celles produites par le cryſtallin ? Or M. Jurin dit que la réfraction moyenne du cryſtallin eſt beaucoup plus forte que celles des humeurs aqueuſes & vitrées, & que leur rapport eſt à-peu-près comme 136 à 133 ; & c'eſt une obſervation qui n'a juſqu'à préſent contre elle aucune exception, que plus la diſperſion occaſionnée par l'inégale réfrangibilité des rayons de lumière, eſt conſidérable dans un milieu réfringent, plus la réfraction moyenne de ce milieu eſt forte; d'où il ſeroit aſſez naturel de penſer qu'il exiſte dans l'œil une aberration de réfrangibilité : il eſt même poſſible qu'une petite aberration ſoit néceſſaire à la viſion parfaite, pour étendre plus uniformément la lumière ſur les houppes nerveuſes qui peuvent être ſuſceptibles de contraction, ſelon le degré d'activité de la lumière. Auſſi, dès qu'on regarde des objets par des trous moindres qu'un cinquième de ligne, les objets aſſez lumineux pour ſubir cette épreuve deviennent confus, quoique l'aberration ſoit certainement diminuée. Ce phénomène eſt encore plus remarquable dans les lunettes & dans les téleſcopes; car quoiqu'on ſe ſerve pour Vénus de la même lunette avec laquelle on obſerve Saturne & les autres Planettes, on ne peut cependant ſe permettre de diminuer l'ouverture de l'objectif proportionnellement à l'éclat de Vénus, dont la lumière eſt deux cent vingt-cinq fois plus forte que celle de Saturne; le faiſceau cylindrique de lumière devenant par-là beaucoup moindre qu'un cinquième de ligne, les bords de la planette ſeroient mal terminés : c'eſt pourquoi, lorſque l'éclat de Vénus ou de la Lune bleſſe ou fatigue l'oeil, le meilleur moyen d'y remédier eſt d'enfumer légèrement l'oculaire. M. Smith, en rapportant ce fait dans ſon Traité d'Optique, dit que la raiſon de ce phénomène n'eſt pas connue, & qu'il faut la chercher dans le méchaniſme intérieur de l'oeil.

Quoi qu'il en ſoit, l'idée de M. Euler n'en eſt pas moins belle, & la conſéquence qu'il en a tirée a reculé bien loin les limites de la dioptrique. Ce grand Géomètre partant de cette hypothèſe, a conçu la poſſibilité de détruire l'aberration de réfrangibilité dans les objectifs, en les compoſant de matières différemment réfringentes. Le ſuccès le plus complet a couronné ſes vues par les ſoins & les recherches de M. Dollond, qui doit partager aux yeux des Phyſiciens l'honneur de cette belle découverte, puiſque, ſans ſes expériences ſur la diſperſion du flint-glaſſ comparée à celle du verre ordinaire, on auroit douté peut-être long-tems de la poſſibilité du projet de M. Euler, dont les premiers Eſſais ont été malheureux.

Du DIASPORAMETRE *optique, ou de l'Inſtrument propre à meſurer la diſperſion des couleurs.*

NOUS avons dit que l'on pouvoit conſidérer un objectif comme un aſſemblage de priſmes dont les angles ſont variables des bords au centre ; par conſéquent ſi on parvient avec des milieux différemment réfringens à faire des priſmes achromatiques, c'eſt-à-dire, des priſmes compoſés qui produiſent de la réfraction ſans donner de couleur, on aura par-là un moyen très-facile de faire des objectifs achromatiques, & par conſéquent des lunettes ſans couleurs.

Le priſme à angle variable que je préſentois à l'Académie le 24 Février 1776, m'a paru l'inſtrument le plus commode & le plus exact pour cette recherche. Il eſt adapté devant une bonne lunette achromatique, ou devant un téleſcope, & il a tous les mouvemens néceſſaires pour que les rayons émergens & incidens faſſent le même angle avec les ſurfaces extérieures du priſme compoſé, que nous nommerons déſormais *priſme variable*. Soit

P & *p*, (*fig.* 12.) deux priſmes égaux poſés l'un ſur l'autre, ſoit AC, la refraction ou le déplacement dans l'image cauſé par le ſeul priſme P; le mouvement circulaire de ce priſme ſeroit décrire à l'image le cercle ADBA. Conſidérons maintenant le ſecond priſme *p*, & ſuppoſons ſa refraction CB dans un ſens oppoſé à celle du premier priſme P; il eſt palpable que ces deux priſmes, ainſi poſés l'un ſur l'autre, ne donnent aucune réfraction. Ainſi l'image reſte en C, comme s'il n'y avoit pas de priſmes, parce que AC, réfraction du priſme P, eſt égal & oppoſé à CB, réfraction du priſme *p*; & en ce cas l'index doit marquer zero ſur le cercle diviſé, deſtiné à donner la poſition reſpective des priſmes.

Mais lorſque le ſecond priſme *p* a ſa réfraction dans le même ſens que le priſme P, alors l'index marquera 180°, & cette réfraction ſera ajoutée à AC: ainſi CF déſignera alors la réfraction des deux priſmes, dont l'égalité dans leurs forces réfractives & dans leurs angles, rend CF = 2 CA.

Si du point A pris pour centre & avec le rayon AC, on trace le demi-cercle FEC, je dis que les réfractions du priſme variable ſeront données par les cordes que les angles des priſmes P & *p* font entr'eux.

En effet, ſuppoſons le priſme variable dans l'état où l'index marque zero, alors la réfraction AC du priſme P eſt détruite par la refraction CB du ſecond priſme *p o r*. Le premier priſme P reſtant fixe, ſi on tourne le ſecond priſme *p* de B en D, alors la réfraction de ce priſme ſera ſelon la direction CD & des deux réfractions AC & CD: il réſultera par le principe de la décompoſition des forces, une réfraction moyenne CE, déſignée par la diagonale du parallélogramme CAED, c'eſt-à-dire, par la corde CE=BD de l'angle que les deux priſmes font entr'eux. Or les cordes ſont comme les ſinus de la moitié des arcs qu'ils ſoutendent; donc les réfractions d'un priſme variable ſont entr'elles comme les ſinus de la moitié des arcs que les priſmes font entr'eux. Et parce que les réfractions ſont comme les angles des priſmes quand les rayons incidens & émergens font ſur leurs ſurfaces le même angle, les angles réſultans du mouvement circulaire de deux priſmes l'un ſur l'autre, ſont entr'eux comme les ſinus de la moitié des arcs formés par leurs poſitions reſpectives.

Tel eſt le principe qui a ſervi à la conſtruction de la Table qui eſt à la fin de cet Ouvrage. Chaque priſme eſt ſuppoſé d'un angle de trente minutes, & deux de ces priſmes poſés l'un ſur l'autre forment un *priſme variable* qui repréſente tous les priſmes dont les angles ſont compris depuis zero juſqu'à un degré. On voit par cette Table que la poſition moyenne entre zero & 180°, qui eſt 90°, ne donne pas l'angle qui tient le milieu entre zero & un degré, lequel ſeroit trente minutes. On voit que cet angle eſt bien différent, puiſqu'il eſt de 42′ 26″.

Pour ne pas donner inutilement trop d'étendue à notre Table, nous avons ſuppoſé la ſomme des deux priſmes d'un degré : mais ſi cette ſomme, au lieu d'être d'un degré, en donnoit ſoixante, la même Table ſerviroit de la même manière, en multipliant par ſoixante le nombre cherché ; ainſi au lieu de 42′ 26″ qui indique l'angle réſultant de deux priſmes de 30′, lorſque leur arc de poſition eſt de 90°, on auroit pour deux primes de trente degrés dans la même ſituation, quarante-deux degrés vingt-ſix minutes.

Dans l'inſtrument dont je me ſers pour connoître la force diſperſive des milieux, les deux priſmes ſont de verre de la Manufacture des Glaces du Fauxbourg Saint Antoine, & d'un angle de cinq degrés chacun ; ainſi le mouvement circulaire de ces deux priſmes l'un ſur l'autre me donne tous les angles compris depuis zero juſqu'à dix degrés.

Ce priſme variable eſt adapté (*fig.* 13.) devant une bonne lunette achromatique, & a tous les mouvemens néceſſaires pour remplir le but que je me ſuis propoſé dans ces recherches délicates.

Entre l'objectif de la lunette & ce priſme, on place le milieu priſmatique dont on veut connoître la diſperſion, & par mon priſme variable je parviens à détruire les couleurs, qui ſont une ſuite néceſſaire de la forme priſmatique du milieu que je veux examiner.

J'ai toujours eu la précaution de donner aux différens milieux que j'ai éprouvés, un angle de cinq degrés, afin d'avoir tout de ſuite le rapport des angles, ſans être obligé d'avoir recours à l'expérience pour les déterminer, ce qui eſt auſſi ſimple que commode dans la pratique. Mais pour être aſſûré que mes différens milieux ont abſolument le même angle, je m'y ſuis pris de la manière ſuivante. J'ai attaché enſemble avec de la colle de poiſſon quatre morceaux de verre (*fig.* 14.) de différentes denſités; je les ai enſuite arrondis & travaillés comme un verre d'un ſeul morceau, & je me ſuis efforcé de leur donner un angle de 5°. On conçoit que la meſure préciſe de cet angle n'eſt pas eſſentielle, puiſque les différens milieux ont néceſſairement le même angle, ce qui remplit l'objet principal. Les quatre milieux qui compoſent ce priſme, ſont le verre de la Manufacture des Glaces du Fauxbourg Saint-Antoine, & abſolument de la même nature de glace que celle qui a ſervi à faire mon priſme variable, puiſque je l'ai tiré du même fragment de glace. J'ai enſuite pris du flintglaſſ, du ſtraſſ & du crownglaſſ, qui ſont les verres qui ſervent à la conſtruction des lunettes achromatiques. Tous ces milieux de différentes natures ont néceſſairement le même angle; & préſentés devant ma lunette achromatique ſucceſſivement, ils doivent colorer les objets proportionnellement à leurs forces diſperſives. Expoſons dabord la partie du priſme, qui eſt de verre de la Manufacture des Glaces, devant l'objectif de la lunette achromatique, il donnera des couleurs proportionnées à ſon angle réfringent, & à ſa vertu diſperſive. Je détruis les couleurs au moyen de mon priſme variable, ce qui eſt très-facile par le mouvement circulaire des deux priſmes qui le compoſent, & qui peuvent dans tous les cas produire un effet égal & oppoſé à l'effet produit par le milieu priſmatique dont on veut connoître la diſperſion. Il eſt à remarquer qu'il ne ſuffit pas de donner au *priſme variable* l'angle néceſſaire pour lui faire produire un ſpectre auſſi étendu que celui du milieu priſmatique mis en expérience ; il faut encore que les deux ſpectres ſoient dans un ſens oppoſé.

L'angle que les deux priſmes qui compoſent le *priſme variable*, font entr'eux pour détruire les couleurs qui naiſſent de la forme priſmatique des quatre milieux que nous voulons éprouver, détermine le rapport de diſperſion avec la plus grande préciſion.

Cet angle eſt de 70° pour le verre de la Manufacture des Glaces, de 67° pour le crown-glaſſ, de 117° pour le flint-glaſſ, enfin de 137° pour le ſtraſſ. Ces quatre poſitions reſpectives des priſmes qui compoſent ce que nous nommons *priſme variable*, répondent dans la Table première à 34′ 25″ pour 70°; 33′ 7″ pour 67°; 50′ 10″ pour 117°, & à 55′ 50″ pour 137°. Ainſi les quatre angles du *priſme variable* néceſſaires à l'achromatiſme des quatre milieux, ſont entr'eux comme 34′ 25″; 33′ 7″; 50′ 10″, & 55′ 50″. Or ces quatre milieux ayant abſolument le même angle, & le milieu priſmatique de la Manufacture étant de même nature de verre que le priſme variable, il ſuit de-là que le rapport de diſperſion de ce verre au crown-glaſſ, eſt de 34′ 25″ à 33′ 7″, ou en réduiſant en ſecondes ces quantités comme 2065″ à 1987″, ce qui s'éloigne peu de 20 à 19. Quant au rapport de diſperſion entre le verre de la Manufacture & le flint glaſſ, il eſt par la même raiſon de 34′ 25″ à 50′ 10″, ou de 2065″ à 3010″, rapport qui diffère peu de celui de 3 à 2. On aura également le rapport de diſperſion entre le verre de la Manufacture & le ſtraſſ de 34′ 25″ à 55′ 50″, ou ce qui revient au même, de 2065″ à 3350″, c'eſt-à-dire, de 20 à 33 à-peu-près.

Nous avons auſſi déterminé & la réfraction moyenne de ces quatre milieux & leur peſanteur ſpécifique, nous avons trouvé par expérience que le pouce cube du verre de la Manufacture dont nous venons de déterminer la diſperſion, peſe 977 grains; ſa réfraction moyenne nous a de plus paru ne pas différer ſenſiblement du rapport donné par Newton, de 1, 55, en nous ſervant pour cela d'une méthode très-préciſe dont nous rendron scompte bientôt.

Le pouce cube de notre crown-glaſſ ne peſe que 945 grains, & ſa réfraction approche fort de 1, 56. Quant au flint-glaſſ, il paroît contenir beaucoup moins de plomb que celui qui nous venoit d'Angleterre dans les premiers temps des lunettes achromatiques, car le pouce cube de celui que je viens d'examiner ne peſe que 1206 grains, & j'en ai trouvé qui peſoit plus de 1263 grains: auſſi ſa réfraction moyenne n'eſt-elle que de 1, 60, tandis que celle qui a lieu dans le flint-glaſſ peſant 1263 grains, eſt de 1, 62, & ſa diſperſion beaucoup plus conſidérable & fort peu éloignée de celle du ſtraſſ, qui compoſe un de nos quatre milieux priſmatiques. Ce ſtraſſ peſe 1262 grains le pouce cube, & ſa réfraction moyenne eſt auſſi de 1, 62. Dans toutes nos expériences ſur la diſperſion, nous ſommes parvenus à diſſiper les couleurs, au point de n'en voir par le téleſcope aucune trace ; ainſi rien de plus facile que de faire des priſmes achromatiques, & les Phyſiciens qui ont avancé qu'il falloit plus de deux milieux de différente nature pour ſe procurer dans les priſmes l'achromatiſme deſiré, n'ont fondé cette aſſertion que ſur des expériences qui ne comportent aucune préciſion, & par conſéquent qui ne méritent de nous arrêter.

Nous ne rapporterons pas toutes les expériences que nous avons faites avec notre nouvel inſtrument, il nous ſuffit d'avoir montré avec quelle facilité on parvient à déterminer le rapport de diſperſion qui a lieu dans les différens milieux. On peut ſans doute par la meſure des longueurs des ſpectres fixer ce rapport, mais cette dernière méthode n'eſt pas comparable à la premiere pour l'exactitude ; d'ailleurs il nous importoit de prouver la poſſibilité de faire des priſmes achromatiques aſſez parfaits pour les uſages auxquels nous nous propoſons de les appliquer. Je ſentis dès l'année 1776 qu'on pouvoit les employer avec ſuccès à la meſure des angles, & je lus à ce ſujet à l'Académie deux Mémoires qui furent imprimés en 1768 dans mes Opuſcules Mathématiques.

Il eſt néceſſaire, pour les recherches dont j'ai à rendre compte, de remettre ſous les yeux du Lecteur tout ce qui a rapport à cet objet, qui dans ces derniers temps a fixé d'une maniere particulière l'attention du Public.

MÉMOIRE*

Sur les moyens de rendre l'Héliomètre de M. Bouguer, propre à meſurer des angles conſidérables, afin de faciliter les obſervations de diſtances d'Etoiles à la Lune.

Les Aſtronomes conviennent (*Opuſcules Mathématiques, page* 51 *& ſuivantes*) que l'héliomètre eſt de tous les inſtrumens le plus propre à meſurer avec préciſion des diſtances d'étoiles à la lune. Cette application n'avoit pas échappé à M. Bouguer, lorſqu'il en donna, pour la premiere fois, la deſcription & l'uſage dans les Mémoires de l'Académie, *année* 1748 ; mais cet inſtrument, ſous la forme que lui donnent les Aſtronomes, ne meſurant que de très-petits angles, ne peut ſervir qu'à meſurer de petites diſtances d'étoiles à la lune ; cependant il eſt eſſentiel de le rendre ſuſceptible de meſurer des angles aſſez conſidérables, parce que le grand éclat de la lune & l'agitation du vaiſſeau effacent l'impreſſion des petites étoiles, & que la lune eſt quelquefois aſſez éloignée des étoiles, qui par leur éclat, ſont ſuſceptibles d'être obſervées.

---

* Ce Mémoire a été lu à l'Académie au mois de Février 1767.

Cette conſidération m'avoit engagé à examiner, dans mon premier Mémoire, ſi on ne pouvoit pas rendre l'héliomètre ſuſceptible de meſurer des angles conſidérables. Les principes de Dioptrique ſur leſquels la théorie de cet inſtrument eſt fondée, me firent naître l'idée de faire décrire aux objectifs des arcs de cercle dont le rayon ſeroit égal à la diſtance focale de l'objectif. J'ignorois alors que M. Bouguer avoit propoſé le même expédient dans ſon Mémoire déjà cité.

On ſait que l'héliomètre eſt un inſtrument compoſé de deux objectifs combinés avec un ſeul oculaire ; un de ces objectifs eſt mobile, & peut s'approcher ou s'éloigner, ſelon le beſoin, par le moyen d'une vis. Le mouvement de l'objectif ſe fait en ligne droite, & cela ne peut cauſer d'erreur conſidérable dans la meſure d'un petit angle ; mais il n'en eſt pas de même, ſi on vouloit s'en ſervir à meſurer des angles conſidérables.

Lorſqu'on voudra (*dit M.* **Bouguer**) *que l'héliomètre ſerve pour des angles plus grands, il faudra rendre chaque objectif mobile, & munir les micromètres qui les feroient mouvoir, de vis plus longues ; mais il faudroit auſſi alors en vérifier la valeur par des opérations trigonométriques faites en grand.*

Rien n'empêcheroit de rendre notre nouvel inſtrument également propre à meſurer des angles de grandeurs beaucoup plus différentes ; il n'y auroit pour cela qu'à ſe procurer la commodité, indépendamment du jeu du micromètre, de changer les objectifs de place & regler leurs diſtances par le moyen d'une eſpèce de limbe mis à côté ; on pourroit encore, ſi on le vouloit, appliquer chaque objectif ſur une platine différente, & faire gliſſer l'une ſur l'autre : il eſt facile d'imaginer une infinité d'autres diſpoſitions. Il y a tout lieu de croire qu'on ne trouveroit pas de difficulté à obſerver avec un pareil inſtrument, pourvu qu'il n'eût qu'une longueur médiocre, les angles qui iroient juſqu'à trois & quatre degrés, quoique ces deux images commençaſſent à ſe préſenter un peu obliquement.

M. Bouguer pouſſe encore la préciſion plus loin, & dit dans un autre endroit du même Mémoire, que dans la meſure même des petits angles, ce ſeroit le mieux que les deux objectifs ne fuſſent pas abſolument dans le même plan, mais qu'ils fuſſent un peu inclinés l'un à l'autre.

Si les objectifs ſe mouvoient dans le même plan, le point de contact des deux objets ſe trouveroit formé par des rayons qui, tombant obliquement ſur l'axe des objectifs, ſe réuniroient beaucoup moins parfaitement que s'ils étoient perpendiculaires à l'axe. Ce n'eſt pas ici le lieu de chercher le rapport de cette aberration à celle de l'axe, cette recherche me meneroit trop loin, elle ſeroit d'ailleurs déplacée. Il me ſuffit de remarquer que ce défaut, qui n'eſt pas fort ſenſible dans la meſure des petits angles, devient aſſez grand dans la meſure d'angles conſidérables. Il empêche auſſi que l'Obſervateur ſaiſiſſe avec préciſion le point de contact quand bien même il féroit varier la diſtance de l'oculaire à ce point, ſelon la difformité de l'objét, obſervant d'y avoir égard dans la diviſion de l'inſtrument.

On eſt donc bien éloigné dans ce cas d'obtenir avec l'héliomètre cette préciſion qui le fait préférer, pour la meſure préciſe des angles, aux autres inſtrumens qui ſervent aux mêmes uſages, ſur-tout ſi on fait attention aux autres erreurs qui ſont encore beaucoup plus conſidérables que le défaut dont nous venons de faire mention; telles ſont, par exemple, l'erreur cauſée par la parallaxe optique; l'obliquité de la peinture des aſtres au foyer des objectifs; la viſion indiſtincte de l'objet par les bords priſmatiques de l'oculaire.

En faiſant décrire aux objectifs un arc de cercle qui ait pour rayon la diſtance focale de l'objectif, on remédie au mauvais effet produit par l'obliquité des rayons ſur l'axe des objectifs, mais les autres inconvéniens ſubſiſtent. Il faut cependant convenir que l'erreur cauſée par la parallaxe optique y eſt moindre; mais à moins qu'on ne ſe ſerve d'objectifs achromatiques, elle eſt aſſez conſidérable dans la meſure d'un angle de 3 à 4 degrés ; car on voit aiſément que la parallaxe optique croît en raiſon directe de la grandeur des angles. M. Bouguer, dans ſon Traité de la figure de la terre, nous apprend que cette parallaxe eſt un obſtacle qu'il n'a pu ſurmonter entièrement. Il ne s'eſt garanti du mauvais effet qu'elle produit, qu'en faiſant paſſer l'aſtre à peu de diſtance du centre du champ, comme à 1′ ou 2′. On évite de cette ſorte, ajoute-t-il, une obliquité dans la viſion de l'objet, qui peut être très-préjudiciable : cette attention lui a paru ſi eſſentielle, qu'il n'a pu ſe réſoudre dans ſes obſervations à comprendre pluſieurs étoiles dans le champ de ſa lunette, en la laiſſant dans la même ſituation, & il a toujours été très-exact à pointer ſur chacune, afin de l'avoir plus près du centre.

Quant à la confuſion qui provient de la viſion par les bords priſmatiques de l'oculaire, elle eſt exceſſive lorſqu'on veut embraſſer un champ conſidérable, à moins qu'on ne ſe ſerve d'oculaires achromatiques, ce qui a de très-grands inconvéniens, parce que les oculaires ne ſont pas comme les objectifs de petites portions de ſphères.

D'ailleurs, la grandeur de l'arc qu'on peut meſurer avec l'héliomètre, étant en raiſon directe de l'ouverture de l'objectif & du diamètre de la prunelle, & en raiſon inverſe de la diſtance focale de l'oculaire, il eſt borné par-là à la meſure d'aſſez petits angles. Je ſuppoſe, en effet, que la diſtance focale des objectifs ſoit de trois pieds, l'oculaire qui convient à cet objectif eſt, ſuivant l'expérience, d'un pouce. Si on ſuppoſe l'ouverture de la prunelle d'environ deux lignes, on aura cette proportion : 12 lignes, foyer de l'oculaire, eſt à une ligne, demi-diamètre de la prunelle, comme le rayon des tables eſt à la tangente de la moitié de l'arc que l'héliomètre peut embraſſer, qu'on trouve de 9° 36′.

Ainſi, le plus grand angle qu'on peut meſurer avec cet inſtrument, eſt de 9° 36′.

On peut démontrer très-aiſément ce que je viens d'avancer, de la maniere ſuivante. (*fig.6.*)

Soit S & T, deux étoiles qui font entr'elles l'angle SCT ; les rayons qui partent de l'étoile T, tombent ſur la lentille B qui les réunit en C ; ceux qui partent de l'étoile S, tombent ſur la lentille A qui les réunit auſſi en C. Ne conſidérons d'abord que les axes optiques : les rayons principaux BC, AC, rencontrent l'oculaire, l'un en D & l'autre en E.

Comme la diſtance du foyer C à l'oculaire doit être égale, dans les vues ordinaires, à la diſtance focale de l'oculaire, tous les rayons ſortent de l'oculaire paralleles entr'eux, ſans en excepter les axes optiques BD, AE. Il eſt donc inutile que le diamètre de l'oculaire excède l'ouverture de la prunelle : ainſi en ſuppoſant l'ouverture de la prunelle de 2 lignes DE = 2 lignes ; donc GE = GD = 1 ligne, & CG, diſtance focale de l'oculaire, = 12 lignes. On a donc CG : GE : : le rayon des tables eſt à la tangente de l'angle GCE.

Dans tout ceci nous n'avons pas fait attention à l'ouverture des objectifs ; mais on peut y avoir égard en faiſant cette analogie : le diamètre de l'objectif eſt à la largeur du faiſceau ſur l'oculaire, comme la diſtance focale de l'objectif eſt à la diſtance focale de l'oculaire ; ſi l'ouverture de l'objectif eſt de 12 lignes, la largeur du faiſceau de lumiere ſur l'oculaire eſt d'un tiers de ligne.

C'eſt donc un tiers de ligne à retrancher des deux lignes que nous ſuppoſons pour l'ouverture de la prunelle, lorſqu'on veut que les objets ſe peignent dans l'œil avec toute la lumiere qui tombe ſur les objectifs : ce qui réduit l'angle qu'on peut meſurer avec l'héliomètre, à 7° 56′.

Puiſque le diamètre de l'oculaire ne rend pas l'héliomètre ſuſceptible de comprendre des arcs plus grands, il me paroît qu'on peut, ſans inconvénient, ſubſtituer aux oculaires convexes, les oculaires concaves. Cette remarque avoit échappé, ce me ſemble, aux Aſtronomes qui ſe ſont occupés de cet objet, & elle eſt cependant aſſez intéreſſante.

Enfin il paroît qu'il eſt difficile d'exécuter avec précifion un héliomètre, dont les objectifs décriroient des arcs de cercle.

N'y auroit-il pas moyen d'éviter ces inconvéniens, & de rendre cependant l'héliomère propre à meſurer des angles conſidérables ? Voici le moyen que j'ai imaginé, & qui fera, ce me ſemble, diſparoître en partie la difficulté.

Je ne change rien à la conſtruction de l'héliomètre, dont les Aſtronomes ſe ſervent ; je fais ſeulement gliſſer une platine qui porte différens priſmes achromatiques. Je poſe devant l'objectif le priſme qui eſt relatif à la meſure de l'angle que je veux prendre, & dont on connoît par expérience la réfraction avec exactitude.

On ſait que les priſmes achromatiques ne défigurent point l'objet, ils réfractent ſans produire de couleurs; on peut donc les deſtiner aux mêmes uſages que les miroirs plans dont on connoît l'utilité dans pluſieurs inſtrumens, pour faire prendre à la lumière une direction quelconque; car ſans parler du pomeleſcope, de la chambre obſcure & du quartier de réflexion, on ſe ſert dans le téleſcope Newtonien, d'un miroir plan de métal incliné de 45° pour jetter la lumière de côté, & rendre ſa direction perpendiculaire à l'axe du grand miroir.

Je ſuppoſe que l'héliomètre auquel je veux faire meſurer des angles de 24°, eſt en meſure 6 par l'écartement des objectifs. Je prends trois priſmes achromatiques, dont le premier cauſe une réfraction de 6°, le ſecond de 12°, le troiſième de 18°. Il importe peu qu'il y ait quelques minutes de plus, pourvu qu'on y ait égard; ainſi cette condition ne renferme rien qui ne ſoit praticable. Je mets ces trois priſmes dans un chaſſis qui gliſſe dans une rainure, de maniere qu'on peut faire paſſer devant un des objectifs le priſme qui convient. Ainſi, ſi on veut meſurer un angle de 15° 30′, on interpoſe le priſme qui cauſe une réfraction de 12°, & l'écartement des objectifs fera le reſte.

On ſent que je n'ai dû avoir d'autre but dans cette conſtruction, que d'éviter les erreurs dans leſquelles on tombe en faiſant décrire aux objectifs des arcs de cercle. *D'ailleurs l'invariabilité des angles des priſmes rend, ce me ſemble, cet inſtrument auſſi précis qu'on peut le deſirer.*

Arrêtons-nous un moment aux objections que l'on peut faire contre cet inſtrument, & qu'il eſt bon de prévenir.

Je ne puis diſſimuler que la différente inclinaiſon de la lumière ſur le priſme, peut cauſer une variation dans la réfraction; mais cette variation eſt très-petite, & il eſt facile d'y avoir égard, ſans rien changer à la graduation de l'inſtrument; il ſuffit de la calculer pour toutes les obliquités qui en donnent une ſenſible.

Afin de mieux ſaiſir la difficulté, je vais reprendre ici, en peu de mots, les formules de Dioptrique, qui ſont relatives à cet objet. Soit l'angle d'incidence que fait la lumière avec la perpendiculaire à la ſurface du priſme $= a$; l'angle du même priſme $= b$; & ſoit le rapport du ſinus d'incidence au ſinus de réfraction, en entrant dans le verre, comme m à 1. Si l'on nomme y l'angle que font enſemble le rayon incident & le rayon rompu ; la Géométrie donne $y = (m - 1)\, b + \frac{m^2 - 1}{6\, m^2} \left\{ (m b - a)^3 + a^3 \right\}$, à peu près; ce qui ſe réduit à $y = \overline{m - 1}\, b$, lorſque l'angle du priſme & celui d'incidence ne ſont pas conſidérables. On voit par-là que dans une nature de verre déterminée, m ſe trouve une quantité conſtante, & b étant auſſi conſtant par ſa nature, y le devient ſenſiblement.

Si on a deux priſmes contigus & de matière différente, comme dans le cas dont il s'agit, ſoit b' l'angle du ſecond priſme, m' à 1 le rapport de réfraction, y' l'angle de réfraction que les rayons incidens ſur les priſmes forment avec les émergens. On aura cette équation, $y' = (m' - 1)\, b' - (m - 1)\, b + \frac{m'^2 - 1}{6 m'^2} \left\{ (m' b' - m b + a)^3 + (m b - a)^3 \right\} - \frac{m'^2 - 1}{6 m^2} \left\{ (m b - a)^3 + a^3 \right\}$; ce qui donne à-peu-près, lorſque

les

les angles des priſmes ſont petits, $(m' - 1)$ $- (m - 1) b = y'$.

Si on veut détruire les iris dans ces deux priſmes, il n'y a qu'à différencier $(m' - 1) b' - (m - 1) b$, en ne faiſant varier que m' & m, & faire enſuite cette différentielle égale à zero. On aura $b\,dr' - b\,dr = 0$, ou $b'dr' = bdr$, lorſqu'on emploie du flint-glaſſ & du verre commun. Le rapport de dr à dr' eſt, ſelon MM. Clairaut & Dollond, comme 2 à 3, & ſuivant des expériences que j'ai faites en me ſervant d'une méthode qui m'eſt propre, comme 5 à 8. On pourra me demander s'il ne ſe trouve pas de la difficulté à meſurer exactement la réfraction produite par les priſmes. Ma réponſe à cette objection ſe tire de la méthode qu'on doit employer pour meſurer cet angle avec préciſion.

Il faut prendre une lunette, qu'on dirige fixement vers un objet placé à vingt ou trente toiſes de diſtance de la lunette. On interpoſe enſuite devant l'objectif le priſme dont on veut meſurer la réfraction. On ceſſe dès lors de voir cet objet dans la lunette; mais on en voit un autre qui en eſt éloigné, à raiſon du pouvoir réfringent du priſme. On meſure avec préciſion ſur la baſe l'éloignement des deux objets entr'eux, & auſſi leur diſtance de la lunette, ce qui donne les trois côtés du triangle, enſuite la trigonométrie fait connoître avec préciſion la diſtance des deux objets entr'eux ; ou ce qui eſt le même, l'angle de réfraction.

On objectera peut-être que la poſition des priſmes devant l'un des objectifs, exige un appareil embarraſſant ; rien cependant n'exige moins d'appareil qu'une platine qu'on fait gliſſer à couliſſe, avec une préciſion médiocre ; car il eſt facile de prouver qu'il faudroit un mouvement conſidérable de vacillation, pour produire une erreur ſenſible. Quant à la conſtruction des priſmes achromatiques, je n'y trouve aucune eſpèce de difficulté : j'en ai conſtruit pluſieurs qui ne donnoient aucune couleur ſenſible, & ne défiguroient point les objets. L'expérience m'a auſſi convaincu que les priſmes achromatiques, compoſés de trois verres étoient préférables à ceux compoſés de deux verres. Au reſte, comme j'applique mes priſmes achromatiques ſur des objectifs ſimples, quand ces priſmes ne corrigeroient pas les couleurs parfaitement, ils ſeroient toujours moins ſujets à donner des iris que les objectifs ordinaires, qui, à cauſe de la petiteſſe de leur ouverture, n'en produiſent cependant pas de ſenſibles.

Avant de terminer mes recherches ſur l'héliomètre, je crois devoir remarquer que, lorſqu'on le deſtine à meſurer des diſtances, il ne ſeroit pas néceſſaire que les deux objectifs fuſſent égaux. Je ſerois même porté à croire qu'il ſeroit avantageux qu'il ne le fuſſent pas; ſur tout ſi on veut meſurer des arcs de cinq à ſix degrés.

Soit un des *objectifs* qui ait, par exemple, quatre *pieds de diſtance foçale*; cet objectif ſe meut par le moyen d'une vis, & ſon mouvement a un arc de 30′. A trois pieds de l'objectif eſt un arc de cercle d'un pied de rayon qui embraſſe 5 à 6°, diviſé en 30′. Le ſecond objectif eſt placé ſur cet arc. Si on regarde la lune par l'objectif de long foyer, & l'étoile par l'objectif de court foyer, l'étoile paroîtra quatre fois plus lumineuſe que ſi on l'examinoit par l'objectif de court foyer. Ainſi l'éclat de la lune deviendra moins capable d'en effacer l'impreſſion, & l'inſtrument deviendra moins embarraſſant; de plus, l'objectif peut être fait d'un verre légèrement coloré, & par-là la parallaxe optique deviendra moindre, & l'étoile plus viſible (1).

On pourra peut-être rendre l'héliomètre propre à meſurer de plus grandes diſtances d'étoiles à la lune, (je ne dis pas avec la même préciſion) en mettant au foyer un verre légèrement dépoli, percé d'un trou pour laiſſer paſſer la lumiere directe de l'étoile; en ſorte qu'en regardant directement l'étoile, il ſe fera une peinture de la lune ſur le verre dépoli, qu'on appercevra en même tems. Il eſt évident que la lune perdra ſon éclat; mais elle ſera encore aſſez lumineuſe pour être examinée avec la loupe qui ſervira d'oculaire à l'objectif, au travers duquel on voit l'étoile; par ce moyen on préviendra l'effet de la parallaxe optique, & on meſuſera des angles auſſi grands qu'on le deſire.

Qu'on me permette d'obſerver que l'héliomètre, ſous cette dernière forme, diffère peu du quartier anglois: la ſeule différence que j'y apperçois, c'eſt que par l'un on obſerve par derrière, & par l'autre on obſerve pardevant. On pourroit donc appliquer l'héliomètre, ainſi métamorphoſé, à prendre la hauteur du ſoleil pardevant.

---

(1) Cet inſtrument eſt deſtiné, ainſi que les précédens, à prendre des diſtances d'étoiles à la lune, ſur mer. Si on trouve que ſa longueur eſt embarraſſante dans les dimenſions que nous venons de donner, on peut lui donner la longueur convenable, en diminuant proportionnellement les dimenſions précédentes.

Dans un autre Mémoire qui concerne les déterminations des longitudes en mer, lus de même en 1767 à l'Académie, & imprimés en 1768 dans mes Opuſcules Mathématiques, page 80 & ſuivantes; j'eſſaye d'embraſſer ſous un point de vue général tous les inſtrumens qui peuvent ſervir en mer à la meſure des angles. Je vais rendre mot pour mot l'article qui traite de cet objet important. L'inſtrument qui ſert à terre à meſurer les angles, eſt, comme on ſait, compoſé de deux lunettes ou pinnules, dont une eſt mobile autour du point fixe, ſoit ABD un limbe qui embraſſe un arc un peu plus grand que 180°, dont C eſt le centre, ſoit AC une lunette fixe, & EC une lunette mobile autour du point C. Lorſqu'on veut meſurer l'angle FCG, on met d'abord la lunette AC dans la direction AG, & on dirige l'autre lunette EC vers F; l'arc AE donne l'angle FCG. Mais à la mer il n'eſt pas poſſible de viſer ſéparément à deux objets, du moins un ſeul Obſervateur; on doit donc chercher, au contraire, à faire co-incider deux objets qui ſont entr'eux un angle quelconque, afin que l'Obſervateur puiſſe d'un ſeul coup d'œil juger de l'arc avec préciſion.

En renverſant l'inſtrument qui ſert à terre à la meſure des angles, (c'eſt-à-dire, en mettant dans cet inſtrument deux objectifs à la place des deux oculaires, & réciproquement deux oculaires à la place des objectifs, obſervant cependant que les foyers des objectifs tombent au centre du limbe) on obtient celui auquel on doit rapporter tous ceux qui ſervent à la mer au même uſage. Nous nommerons, pour éviter une périphraſe incommode, cet inſtrument *aſtromètre*.

C'eſt ſur cette idée qu'eſt fondée la théorie que nous allons développer; elle eſt, ce me ſemble, auſſi générale & auſſi ſimple qu'elle ſe puiſſe.

Soit ABCD (*fig.* 15.), un aſtromètre dont C eſt le centre; ACL eſt la lunette fixe, le foyer de ſon objectif A eſt en C & ſon oculaire en L; ECH eſt la lunette mobile autour du centre C, le foyer de ſon objectif eſt en C, & ſon oculaire en H. Il eſt inutile de remarquer que les deux lunettes peuvent être d'inégales longueurs, pourvu que les foyers des objectifs coïncident en C.

Si on veut prendre la meſure d'un angle quelconque FCG, on dirige la lunette fixe AL vers F, & enſuite la mobile EH vers G : l'angle FCG eſt indiqué par l'arc AE. Cet inſtrument ſous cette forme ne paroît pas encore pouvoir ſervir à la mer, parce qu'on eſt obligé de pointer ſéparément à chaque objet.

Cependant il eſt aſſez facile de l'en rendre ſuſceptible : car chaque objectif formant à leur foyer commun C une peinture des *objets F & G*, qui *font entr'eux* l'angle FCG, il s'enſuit que les deux objets n'en font plus qu'un au point C. Il ſuffit pour cela de ſe ſervir des deux yeux, c'eſt-à-dire, de regarder le point C de l'œil droit avec l'oculaire H, & de l'œil gauche avec l'oculaire L ; & parce que la diſtance de l'oculaire à l'œil eſt, juſqu'à de certaines limites, arbitraire, vu que les rayons ſortent paralleles de l'oculaire, on peut approcher ou éloigner les deux yeux de l'oculaire, ſelon que l'exige l'angle. Ainſi, ſi les objectifs ont chacun trois pieds de foyer, la diſtance focale des oculaires étant, ſelon les tables, d'un pouce, & l'intervalle entre les deux yeux d'environ deux pouces, on voit aiſément que l'angle compris par les deux yeux, lorſqu'ils touchent les oculaires, eſt de 180°, ou HCL = 180°. Si au contraire ils en ſont éloignés d'un pouce, l'angle HCL ne ſera plus que de 60°. Enfin ſi les yeux ſont éloignés des oculaires de 11 pouces, l'angle HCL ne ſera que de 10° environ, & ainſi de ſuite.

Ce moyen de rendre l'aſtromètre propre à meſurer à la mer des angles conſidérables, n'eſt point exempt d'inconvénient; on ne doit pas non plus négliger de mettre des fils en croix au point C, parce qu'on doit craindre, en ſe ſervant ainſi des deux yeux, de voir les objets doubles.

Au lieu d'examiner le point C avec les deux oculaires H & L, on peut le regarder avec un ſeul oculaire, & conſéquemment avec un ſeul œil. On peut, ſans lui faire changer de place, parvenir à meſurer un angle; mais il ne faut pas ſe flatter de pouvoir, comme auparavant, meſurer avec cet inſtrument, ſous cette nouvelle forme, des angles de 180°; il eſt même réduit par-là à meſurer des angles toujours moindres que 10°: nous le nommerons *Héliomètre* avec M. Bouguer, qui en eſt l'inventeur. L'héliomètre a d'autant plus de préciſion, qu'on lui fait meſurer des arcs plus petits : auſſi les Aſtronomes qui s'en ſont ſervi ne lui ont donné qu'un ou deux degrés d'amplitude. M. de la Lande m'a montré, à ſon obſervatoire du Luxembourg, un héliomètre qui avoit appartenu à M. l'Abbé de la Caille, qui meſuroit quatre degrés. Quand on ſe borne à lui faire meſurer des arcs très-petits, on peut écarter ſans inconvénient les objectifs en ligne droite, & cela ſe fait ordinairement par le ſecours d'une vis. On voit par-*là* que l'heliomètre n'a ſur l'aſtromètre à peu près que les mêmes avantages qu'ont les longs ſecteurs ſur les quarts de cercle.

Les détails dans leſquels je ſuis entré dans mon troiſiéme Mémoire, au ſujet de l'héliomètre, me diſpenſent de m'y arrêter ici davantage, & j'y renvoie ceux qui voudroient connoître plus particulièrement cet inſtrument.

On peut encore dans l'héliomètre ſupprimer l'oculaire, en mettant au foyer des objectifs un verre dépoli, & alors il peut ſervir à meſurer des angles quelconques; mais en même temps cette conſtruction lui fait perdre de ſa préciſion; il devient par-là une eſpèce de quartier anglois, propre à obſerver pardevant. Si on ſe ſervoit de cet inſtrument pour prendre hauteur ſur mer, la peinture de l'horizon ſur le verre dépoli ne ſeroit pas aſſez vive pour être apperçue ; mais on peut éviter cet inconvénient en pratiquant dans le verre dépoli MN (*fig.* 16.), une fente horizontale *o p* pour voir directement l'horizon H par l'oculaire Q, en même temps que le ſoleil S qui ſe peint en C ſur le verre dépoli.

On peut auſſi ſubſtituer au verre dépoli un écran pour recevoir la peinture formée par les verres A & B: l'œil ne doit plus dès lors être en Q, mais en R. Comme la peinture de l'horizon ſur cet écran ſeroit trop foible, il faut y pratiquer une fente horizontale pour regarder directement l'horizon : cet inſtrument ſous cette forme n'eſt autre choſe que le quartier anglois.

Enfin ſi à la place de l'écran ou du verre dépoli on met un miroir, on aura l'inſtrument de M. de Fouchi.

Ces rapports ſe ſaiſiſſent avec trop de facilité, pour que je croye devoir entrer dans un plus grand détail. Quand on ne veut pas écarter les objectifs pour faire co-incider la peinture de deux objets qui font entr'eux un angle quelconque, il faut ſe ſervir de priſmes ou de miroirs. Quant aux priſmes, j'en ai traité avec aſſez d'étendue dans mon troiſième Mémoire, & j'ai fait voir le moyen de s'en ſervir avec avantage.

En employant des miroirs, voici, ce me ſemble, la diſpoſition la plus naturelle qui ſe préſente. (*fig.* 17.)

Soit L la lune; E une étoile dont la diſtance reſpective eſt meſurée par l'arc LE. On regarde l'étoile E par l'oculaire N & l'objectif B, & la lune L ſera vue par l'oculaire N & par l'objectif A. On ſent qu'elle ne peut l'être qu'après avoir été réfléchie, ſelon une direction convenable, par le miroir D, qui pour cela eſt mobile autour du point D.

Au lieu de deux objectifs, on peut produire le même effet, en ſe ſervant d'un ſeul objectif qu'on peut conſidérer comme partagé en deux parties égales A & B. Sur une des moitiés A de cet objectif on fera répondre le miroir D, & par l'autre B on verra directement l'étoile E.

Cet inſtrument ſous cette forme n'eſt pas ſuſceptible de la vérification dont les Marins ont coutume de faire uſage pour s'aſſûrer de l'invariabilité dans la poſition des miroirs; car on ne peut pas faire co-incider le même objet par réflexion & directement.

On peut éviter cet inconvénient principalement de deux manieres que nous allons détailler.

Le premier moyen conſiſte à mettre un miroir fixe vis-à-vis la moitié B de l'objectif AB ; ce miroir fixe doit faire un angle d'environ 22° avec le plan de cet objectif. On ſent que par-là on vérifie facilement l'inſtrument, puiſqu'il eſt toujours aiſé de faire co-incider le même objet par la réflexion du miroir mobile, & par celle du miroir fixe. (*fig.* 18 *&* 19.)

Cet inſtrument ſous cette forme ne differe en aucune maniere de l'octant de M. Caleb Smith , dont les avantages & les inconvéniens ſont trop connus pour que je croye devoir m'en occuper. Je joins ici la figure de l'octant de M. Caleb Smith , afin qu'on en ſaiſiſſe mieux le rapport. J'obſerverai ſeulement qu'il me paroît difficile de juger bien du contact du ſoleil avec l'horizon , parce qu'on voit le ſoleil dans un des miroirs & l'horizon dans l'autre ; il faut en excepter cependant le cas où l'inſtrument ſeroit muni d'une lunette, ce qui le rend à la mer d'un uſage un peu plus difficile.

D'ailleurs, en regardant l'horizon par réflexion, ne doit-on pas craindre d'en trop affoiblir l'image? Ne pourroit-on pas dans l'octant de M. Caleb Smith, ſupprimer le miroir fixe, après toutefois qu'il aura ſervi à la vérification de l'inſtrument? Il me ſemble même qu'on parviendroit aſſez aiſément à le diſpoſer de maniere qu'on pût le mettre & l'ôter ſans craindre de variation ſenſible dans ſa poſition; j'aimerois cependant mieux me ſervir d'un priſme achromatique que d'un miroir fixe, parce qu'il y a beaucoup moins de précaution à prendre pour le placer devant l'objectif. D'ailleurs il produit le même effet que le miroir fixe, & rendroit conſéquemment l'octant de M. Caleb Smith ſuſceptible d'être vérifié.

Le ſecond moyen obvie aſſez bien à ces inconvéniens, car on ſupprime d'abord le miroir fixe, afin qu'on puiſſe voir directement l'horizon; on conſerve le miroir mobile qu'il faut rendre fixe: il faut mettre vis-à-vis de ce miroir fixe un autre miroir mobile, afin qu'on voye le ſoleil par une double réflexion. (*fig.* 20.)

Soit H, l'horizon qu'on voit directement par la partie B de l'objectif AB. Si le miroir fixe M eſt incliné à l'objectif, & ſi on rend le miroir mobile N parallele à N, l'horizon H vu par cette double réflexion à travers de la partie A de l'objectif, co-incidera avec celui qui ſera vu directement.

On doit reconnoître aiſément à cette conſtruction l'octant de M. Hadlei. Quand on ne ſe ſert pas de lunette, le miroir fixe M doit être de glace, dont une moitié eſt étamée, parce que ſans cela on ne jugeroit pas parfaitement du contact du ſoleil & de l'horizon, puiſqu'on verroit le ſoleil dans le miroir & l'horizon directement ; au lieu qu'en ſe ſervant d'une glace, dont la moitié eſt étamée, l'œil voit directement l'horizon à travers la partie de la glace qui n'eſt pas étamée, en même temps qu'il apperçoit le ſoleil qui eſt réfléchi par cette même partie non étamée de la glace. La partie étamée ne ſert donc que dans le cas où le ſoleil a perdu de ſon éclat par un nuage ou par quelque autre cauſe.

On avoit trouvé dans les commencemens de la difficulté à adapter une lunette à l'octant de M. Hadlei ; car en employant des miroirs de glace, ces miroirs produiſent deux réflexions, ſi le parallèliſme entre leurs ſurfaces n'eſt pas parfait, & on voit alors deux images qui anticipent l'une ſur l'autre. Pour éviter cet inconvénient, ſans ſe ſervir de miroirs de métal, qui ſe terniſſent facilement à la mer par l'âcreté de l'acide marin, M. de Fouchi imagina de ſubſtituer aux miroirs plans de glace des miroirs ſphériques de glace : par-là il évita l'embarras des réflexions cauſées par les deux ſurfaces de chaque miroir ; car la viſion n'étoit diſtincte que dans la réflexion qui ſe faiſoit par l'étain, en ſorte qu'on ne pouvoit s'y méprendre. On n'a point à craindre de défigurer les objets, en inclinant des miroirs plans ; mais il n'en eſt pas de même des miroirs ſphériques ; les objets s'y voyent rétrecis à raiſon de leur obliquité : M. de Fouchi a levé cet obſtacle, qui paroiſſoit difficile à ſurmonter, par une idée très-ingénieuſe. Si l'objet ſe trouve dilaté dans le ſens de ſa largeur, il donne un moyen très-ſimple de le dilater de la même quantité dans le ſens de ſa longueur ; ce qui rétablit l'objet dans ſa forme naturelle. Il me ſemble que ce que je viens de dire ſur les inſtrumens qui peuvent ſervir utilement à la mer à la meſure des angles, ſuffit pour prouver que ma théorie les comprend tous ſans exception, & que même, en ſuivant cette voie, on auroit pu les imaginer par des conſidérations qui ſe préſentent naturellement, lorſqu'on approfondit leur conſtruction; car on y voit naître les inſtrumens les uns des autres, en cherchant à éviter les inconvéniens qui ſe rencontrent dans chaque conſtruction particulière. Je crois même pouvoir avancer qu'il eſt difficile de trouver un inſtrument propre aux uſages de la navigation, qui ne puiſſe ſe déduire avec beaucoup de facilité de la théorie que je viens d'expoſer; & ſi je n'ai pas entré dans un plus grand détail, c'eſt que je l'ai cru inutile, l'objet principal que je me propoſois n'étant pas de faire d'amples deſcriptions de chaque inſtrument qu'on peut imaginer, ni des légères variations dont leurs formes ſont ſuſceptibles, mais bien de les comprendre tous ſous un point de vue général & ſimple.

Je ſens que j'aurois pu prendre encore une autre voie, qui auroit paru un peu plus ſimple, & qui m'auroit conduit au même but; mais celle-ci m'a ſemblé plus naturelle.

Voici une autre raiſon qui m'a déterminé à éviter des deſcriptions détaillées de chaque inſtrument en particulier. Les inſtrumens doivent avoir une conſtruction relative aux uſages auxquels on les deſtine ; ainſi l'octant de M. Hadlei, qui ſert merveilleuſement à la mer à prendre la hauteur du ſoleil au deſſus de l'horizon, ne peut pas être employé avec le même avantage à la meſure des diſtances d'étoiles à la lune.

L'héliomètre de M. Bouguer ne peut pas, au contraire, ſervir à prendre la hauteur du ſoleil au deſſus de l'horizon, mais il meſure avec une extrême préciſion les petites diſtances d'étoiles à la lune. Eſſayons de fixer par notre théorie l'inſtrument le plus propre aux obſervations de diſtances d'étoiles à la lune, pour la détermination des longitudes ſur mer.

Il faut d'abord faire attention à toutes les conditions qui peuvent contribuer à rendre une obſervation de ce genre auſſi bonne qu'il ſe puiſſe.

Je remarque, 1°. qu'on détermine la longitude par le moyen de la lune, avec d'autant plus de préciſion, que ſon mouvement eſt plus rapide, & qu'ainſi on ne ſauroit meſurer avec trop d'exactitude la diſtance de l'étoile à la lune.

2°. La vivacité de la lumière de la lune efface en partie celle des étoiles ; il faut donc ou ſe borner à ne prendre que des étoiles très-brillantes, ou bien, ce qui vaut peut-être mieux, affoiblir la lumière de la lune, ſans diminuer celle de l'étoile.

3°. On ne peut pas employer avec une exactitude ſuffiſante des diſtances d'étoiles à la lune, moindres que 10° ; & dans les Almanachs nautiques, que la Commiſſion des longitudes établie en Angletetre a fait publier en 1767 & 1768, on ne trouve pas même une ſeule diſtance de 10° : d'ailleurs, plus les diſtances d'étoiles à la lune ſont petites, plus on eſt contraint de ne prendre que des étoiles qui ſont dans le ſens du mouvement le plus rapide de la lune ; ce qui rend les obſervations & moins fréquentes & moins préciſes. On doit donc préférer à tous égards les grandes diſtances, & dès-lors on n'eſt plus aſſujetti à choiſir une étoile qui ſoit exactement dans le cours du mouvement de la lune : ce qui rend les obſervations très-fréquentes.

4°. Il n'eſt pas auſſi eſſentiel, ni auſſi difficile de tenir l'inſtrument dans le plan des deux aſtres, que ſi on meſuroit de petits arcs. De plus, pour mettre commodément à la mer l'inſtrument dans le plan de l'étoile & de la lune, j'ai remarqué que la lunette ne doit pas amplifier beaucoup les diamètres des objets.

Cela poſé, voici un inſtrument que je me ſuis efforcé de rendre conforme aux remarques que je viens de faire. Nous l'aurions nommé *Mégamètre*, ſi M. de Charnieres, Lieutenant des Vaiſſeaux du Roi, n'avoit pas déjà donné ce nom à l'héliomètre de M. Bouguer, auquel il a fait meſurer des angles de 10°, qui eſt, comme nous l'avons prouvé, ſa plus grande extenſion. Afin de le diſtinguer de cet héliomètre, avec lequel il n'a qu'un rapport éloigné, nous croyons pouvoir le nommer *Mégamètre à réflexion*.

Le mégamètre à réflexion tient autant de l'octant que de l'héliomètre. On peut s'en former une idée aſſez exacte, en ſe repréſentant un octant d'un rayon de deux pieds, dont il ne faut conſerver qu'un limbe de 10° d'amplitude, une alidade mobile par une vis de rappel & un grand miroir qui doit être de métal, & faire un angle de 30 ou 40°, avec le prolongement de la ligne de foi. On prendra enſuite deux objectifs de quinze à dix-huit pouces de foyer : peu importe qu'il y ait quelque différence dans leurs longueurs focales ; mais il eſt intéreſſant qu'à huit pouces d'un des objectifs il y ait un ou deux verres plans colorés, pour affoiblir la lumiere de la lune. Ces verres colorés ſeront placés entre l'objectif & l'oculaire ; ce qui produira le même effet que ſi on ſe ſervoit d'un objectif coloré : c'eſt pourquoi nous appellerons cet objectif *coloré*, pour le diſtinguer des autres.

On adaptera avec des vis ſur une plaque de cuivre, ces deux objectifs à côté & très-près l'un de l'autre ; on attachera cette platine ſur l'octant, de manière que le verre coloré réponde au miroir de métal ; on regardera le contact des images au foyer des objectifs avec un oculaire d'un long foyer ; car, pourvu que cet inſtrument amplifie ſix à huit fois les objets en diamètre, il aura une exactitude ſuffiſante, & ſon uſage en ſera plus facile que ſi on le faiſoit amplifier davantage.

Quand on voudra ſe ſervir de cet inſtrument pour prendre la diſtance d'une étoile à la lune, on regardera la lune par l'objectif coloré, dont la lumière eſt encore affoiblie & détournée par le miroir de métal, & l'étoile par l'autre objectif qui n'en altère nullement l'éclat. Si l'inclinaiſon du miroir & la diſtance entre les objectifs ne permettent pas de meſurer un angle moindre que 60°, il eſt clair que, le limbe comprenant un arc de 10°, on pourra meſurer des angles depuis 60° juſqu'à 80°. On remarquera auſſi qu'il eſt plus commode que la graduation & l'alidade ſe trouvent du côté oppoſé au miroir, aux objectifs & à l'oculaire; d'ailleurs l'ojectif qui ſert pour l'étoile, doit pouvoir s'écarter de l'objectif coloré, d'un degré, par le moyen d'une vis, comme dans l'héliomètre; afin qu'on puiſſe avoir commodément & exactement les minutes & demi-minutes.

Quant à la vérification de l'inſtrument, on peut ſe ſervir de la diſtance de deux étoiles; & pour cet effet il faut ôter le verre coloré, ou bien mettre un autre objectif & un miroir fixe incliné d'environ 30°, qui ne doit ſervir que lorſqu'on veut vérifier la poſition du miroir mobile.

De retour de mon premier voyage en 1770, je repris les recherches dont je viens de rendre compte, & je lus le Mémoire ſuivant.

DESCRIPTION *d'un moyen de rendre le quartier de réflexion de M. HADLEI ſuſceptible de meſurer les angles compris depuis zero juſqu'à cent quatre-vingt degrés.*

IL ſemble, par les différens eſſais faits juſqu'à ce jour, que les diſtances de la lune au ſoleil ou aux étoiles, priſes avec un quartier de réflexion bien fait, donnent la longitude à la mer avec une préciſion preſque ſuffiſante, pour les uſages de la navigation.

Les Anglois ont ſi vivement ſenti les avantages de ces obſervations, qu'ils ont perfectionné l'inſtrument qui ſert à les faire, & ſimplifié, par le moyen d'un Almanach nautique, les calculs par leſquels on déduit d'une diſtance obſervée la longitude du lieu où l'on ſe trouve lors de l'obſervation. Il me paroît qu'on prend avec le quartier de réflexion la diſtance de la lune au ſoleil avec beaucoup plus d'exactitude que la diſtance de la lune à une étoile. Dans le grand nombre d'obſervations de ce genre que j'ai eu lieu de faire à la mer, les diſtances de la lune aux étoiles m'ont rarement donné des réſultats ſatisfaiſans.

Il n'en a point été de même des diſtances de la lune au ſoleil ; elles m'ont conſtamment donné la longitude avec plus de préciſion que je ne devois naturellement l'eſpérer : mais malheureuſement ces obſervations ne ſont point fort fréquentes, puiſqu'on ne peut pas les faire avec un quartier de réflexion ordinaire, lorſque la diſtance de la lune au ſoleil eſt moindre que trente degrés & plus grande que quatre-vingt-dix degrés. On eſt conſéquemment quatorze jours de ſuite ſans pouvoir prendre ces diſtances, quoique la vivacité de la lumière de la lune rende dans ces temps-là ces obſervations plus faciles.

On ne peut lever cet obſtacle qu'en rendant le quartier de réflexion ſuſceptible de meſurer les angles compris depuis zero juſqu'à cent quatre-vingt degrés : l'expédient que j'ai imaginé pour cela ne conſiſte que dans une lunette d'une conſtruction particulière que j'adapte à un quartier de réflexion. Cette lunette a la propriété de réunir deux objets diamétralement oppoſés. La figure 21 la repréſente. Elle eſt compoſée de deux objectifs A & B, dont le diamètre eſt d'un pouce, & la diſtance focale eſt d'environ cinq pouces. L'intervalle qui ſépare les deux objectifs eſt de ſept à huit pouces; ils ſont poſés aux extrêmités d'un tuyau de cuivre bien cylindrique AB, au milieu duquel eſt un priſme de métal P*drg*, dont les deux faces *d* & *g* ſont deux miroirs plans formant un angle *drg* d'environ cent degrés. Au milieu du tuyau AB, & vis-à-vis des miroirs, eſt attaché un petit tuyau FH qui porte l'oculaire *m* & le trou de l'œil.

L'inſpection ſeule de la figure fait voir la marche des rayons de lumière dans cette lunette, & comment on réunit deux objets diamétralement oppoſés. Je ſuppoſe que la lune & le ſoleil ſoient dans ce cas-là, il eſt évident que les rayons du ſoleil S tombant ſur l'objectif A, formeroient, à cinq pouces de diſtance, une peinture de cet aſtre; mais le petit miroir *g* qui eſt incliné d'environ cinquante degrés avec l'axe de la lunette, renvoie cette peinture en K. Il en eſt de même des rayons de la lune L; ils ſont refractés par l'objectif B, & réfléchis au point K par le petit miroir *d*.

La conſtruction d'une pareille lunette n'eſt ni diſpendieuſe, ni d'une difficile exécution : on ne peut l'adapter à un quartier de réflexion, & elle a alors l'avantage de pouvoir être facilement vérifiée.

On pourroit auſſi, ſans inconvénient, ſe ſervir des deux yeux : en ce cas il faudroit deux petits tuyaux parallèles, & deux oculaires, & l'angle *grd* que feroient entre eux les petits miroirs, ne ſeroit plus que 90°.

J'avois imaginé (*fig.* 22.) une autre lunette qui produiſoit le même effet ; mais ſa conſtruction eſt beaucoup plus difficile.

Elle eſt compoſée d'un objectif A, dont le foyer eſt réfléchi par un petit miroir plat de métal R & K, & d'un miroir concave BB, dont le foyer eſt auſſi réfléchi par le miroir R en K. Les deux objets S & L, qui ſont diamétralement oppoſés, ſont conſéquemment réunis en K, & apperçus par l'œil placé en O qui les regarde à travers l'oculaire *m*. Il eſt ſi aiſé de voir que ces lunettes adaptées au quartier de réflexion lui font meſurer des angles depuis zero juſqu'à cent quatre-vingt degrés, que je crois pouvoir me diſpenſer d'entrer ſur ce ſujet dans des détails qui ſeroient abſolument inutiles aux perſonnes qui connoiſſent la conſtruction du quartier de réflexion.

Lue à l'Académie Royale des Sciences, ce 5 Décembre 1770.

Ces différens Mémoires ſur la meſure des angles, prouvent que dès l'année 1766 je me ſuis occupé de ſubſtituer aux miroirs des priſmes achromatiques. Mais deux voyages aux Indes & un voyage à la côte d'Afrique, fait par ordre du Roi, ne me permirent pas de ſuivre, comme je l'aurois deſiré, cet objet, dont je ſentois dès-lors tout l'avantage; ce n'eſt qu'en 1774, époque de mon retour en France, que j'ai pu reprendre ce travail.

J'avois, dès l'année 1770, meſuré la réfraction du cryſtal de Madagaſcar, & conſtruit un objectif de cette matiere qui produiſoit un aſſez bon effet, j'en rendis compte à l'Académie dans un Mémoire qui a pour titre : *Relation d'un Voyage aux Indes Orientales*, où je m'exprime ainſi :

J'ai trouvé dans la partie du Nord de l'Iſle de Madagaſcar, près la rivière de Manaharre, ſituée à l'entrée de la Baye d'Antongil, des cryſtaux de roche de forme & de nature différente. Celui qui eſt le plus blanc & le plus tranſparent ne paroît pas affecter de forme régulière; c'eſt par cette raiſon que les Naturaliſtes l'ont nommé *quartzs tranſparens*. J'ai fait tailler un priſme & un objectif de ce cryſtal, afin d'en pouvoir meſurer la réfraction moyenne & la diſperſion des rayons colorés; j'ai commencé par examiner s'il étoit d'une égale denſité, en employant les méthodes connues, pour s'aſſûrer de la bonté des verres deſtinés aux uſages dioptriques. J'ai reconnu qu'à peine les meilleures glaces pouvoient ſoutenir la comparaiſon avec ce cryſtal; ainſi il y a tout lieu d'eſpérer qu'on pourra s'en ſervir avantageuſement dans la conſtruction des objectifs achromatiques.

Ce cryſtal donne une réfraction moyenne à peu près égale à celle du verre de France, car le rayon de courbure de l'objectif, plan convexe que j'ai fait conſtruire, eſt de 332 lignes, ſa diſtance focale de 414 lignes, d'où on déduit le rapport de réfraction de 100 à 156. Quant à la diſperſion, le temps ne m'a point permis d'en fixer encore le rapport.

M. le Comte de Buffon, qui s'eſt beaucoup occupé de la formation des cryſtaux de roche, ne trouvant aucun indice de double réfraction dans les Eſſais que j'avois faits en 1770 ſur celui de Madagaſcar, crut que ce cryſtal étoit d'une nature différente des autres cryſtaux; mais avant de ſe décider, ce célèbre Académicien m'engagea à reprendre mon travail ſur cette ſubſtance, & me recommanda d'examiner ſur-tout ſi ce cryſtal étoit totalement privé de la ſingulière propriété qu'ont les autres cryſtaux, de faire paroître les objets doubles.

La double réfraction, ſi l'on excepte celle qui eſt ſi ſenſible dans une eſpèce de ſpath calcaire, connu ſous le nom de *cryſtal d'Iſlande*, a peu occupé les Phyſiciens; on ne connoiſſoit pas l'art de la rendre aſſez forte dans le cryſtal de roche pour la ſoumettre aux mêmes obſervations que celles faites par Newton & Huygens ſur celui d'Iſlande. D'ailleurs cette propriété ſi ſingulière avoit fait exclure les cryſtaux de roche, malgré leur tranſparence & leur dureté, de la conſtruction des principaux inſtrumens d'optique, & par-là avoit ceſſé d'intéreſſer les Opticiens. Cependant dans ces derniers temps le Pere Beccaria publia, en Italien, un Mémoire très-curieux ſur ce ſujet, & nous croyons que les recherches dont nous avons à rendre compte, exigent que nous rapportions mot pour mot la traduction qui en a été faite dans le *Journal de Phyſique de l'année* 1772, *tome II, ſeconde Partie.*

Le célèbre Huygens (*dans ſon Traité de la lumière, Chap. V*), dit le Pere Beccaria, parle fort au long de la réfraction admirable du cryſtal d'Iſlande ; il parle auſſi, par occaſion, de la réfraction du cryſtal de roche, qui ne me paroît pas moins étonnante que celle du cryſtal d'Iſlande.

La réfraction, dit cet Auteur, eſt double dans le cryſtal de roche comme dans le cryſtal d'Iſlande, mais elle y eſt moins ſenſible. En effet, ajoute-t-il, j'ai fait tailler pluſieurs morceaux de ce cryſtal en forme de priſmes ſous des angles différens ; j'ai regardé à travers ces priſmes la lumière d'une bougie ou le plomb d'un vitrage, & je me ſuis apperçu que ces objets paroiſſoient doubles, quoique leurs images ne fuſſent ſéparées que par un intervalle aſſez petit.

Je voyois (dit le Pere Beccaria) que la réfraction que M. Huygens appelle irrégulière, a dans le cryſtal d'Iſlande un rapport conſtant avec ſa ſtructure intérieure ; car l'effet de cette réfraction eſt de plier les rayons dans le ſens des angles ſaillans. Or ces angles ſont les mêmes dans chacune des parties qui le compoſent, que dans le morceau entier.

Sur l'inſpection de la figure du cryſtal de roche, je conjecturois quelle pouvoit être ſa ſtructure intérieure. En effet, je regardois ce corps comme une eſpèce de cryſtalliſation naturelle, différente des cryſtalliſations artificielles, par la propriété de réſiſter à l'humidité, mais qui d'ailleurs devoit leur reſſembler entièrement par la ſtructure interne. Or, en examinant pluſieurs cryſtalliſations artificielles, j'avois obſervé qu'elles n'étoient que le réſultat d'un amas de petites lames parallèles aux faces de la cryſtalliſation, ce qui me faiſoit ſoupçonner que la conformation du cryſtal de roche pouvoit bien n'être que la même choſe, en ſorte que je conſidérois, par exemple, un priſme héxagone (qui ſe termine ordinairement par une pyramide hexagone) comme un amas de petites lames rangées autour de l'axe dans un ordre hexagonal, diſpoſées régulièrement autour de cet axe, placées les unes ſur les autres, & croiſſant ſucceſſivement en largeur dans la proportion néceſſaire pour compoſer la forme géométrique de ce ſolide.

J'étois encore confirmé dans ma conjecture par les iris qui ſont dans l'intérieur de quelques cryſtaux ; ces couleurs ſont ſemblables à celles de deux lames, ſéparées par un milieu très-ſubtil : ces iris m'ont paru dans un plan parallèle à quelqu'une des faces du cryſtal ; d'où je concluois que les petites lames qui tranſmettoient ces couleurs, étoient auſſi parallèles à cette même face.

Je ſoupçonnai d'inexactitude l'aſſertion d'Huygens, lorſqu'il affirme qu'il avoit toujours trouvé une double réfraction dans les priſmes de cryſtal de roche, quelles que fuſſent leurs ſections. Je pris donc le parti d'examiner la choſe d'après mes obſervations particulières.

Je fis couper un morceau de cryſtal de roche d'une figure très-régulière dans la longueur de l'axe, de manière que la ſection partageât en partie égales deux des faces oppoſées.

J'en fis couper une autre, également dans la longueur de l'axe, mais en faiſant paſſer la ſection par le ſommet des deux angles oppoſés. . . .

Un troiſième me fournit des priſmes triangulaires, dont une des faces étoient une des faces même du morceau; chacune des deux autres réſultoit d'une ſection terminée à l'axe d'un côté, de l'autre, à un des angles adjacens, & conduite dans la longueur du cryſtal.

Une quatrième fut partagé en priſmes triangulaires équilatoires, dans leſquels deux des faces étoient également inclinées à l'axe, & la troiſième étoit parallèle à un plan qui auroit paſſé dans la longueur de cet axe.

J'ai fait tailler d'autres morceaux en priſmes de pluſieurs autres manières; mais le priſme qui m'a rendu plus ſenſible le rapport de la double réfraction avec la ſtructure intérieure du cryſtal, eſt une coupe telle qu'une des faces du priſme étoit formé par une ſection perpendiculaire à l'axe, & les deux autres par deux ſections, qui partant des deux faces oppoſées du cryſtal, alloient ſe rencontrer dans une ligne perpendiculaire à l'axe.

Les obſervations que je fis avec ces différens priſmes (ajoute le Pere Beccaria) me fournirent enfin cette loi très-ſimple, dont Newton ne parle pas, & dont Huygens aſſûre préciſément le contraire: ſavoir

voir, 1°. *que la réfraction dans le cryſtal de roche n'eſt pas toujours dans les différens priſmes qu'on peut en retirer, ſuivant les différentes manières de les couper.*

2°. *Que le rayon de lumiere qui traverſe le cryſtal de roche dans un plan perpendiculaire à l'axe, ſouffre deux réfractions, ſe partage en deux, & offre deux images, ſinon entièrement, du moins ſenſiblement diſtinctes.*

3°. *Que cette diſtinction des deux images diminüe à meſure que la route du rayon converge plus vers l'axe du cryſtal.*

4°. *Que la double réfraction & la diſtinction des deux images ceſſent entièrement d'avoir lieu lorſque la route du rayon devient parallèle ou à peu près parallèle à l'axe; alors l'œil n'apperçoit plus qu'une ſeule image.*

Voilà donc, ſi je ne me trompe, quelque rapport découvert entre la réfraction de la lumière dans le cryſtal de roche & ſa conformation intérieure; ſi la route du rayon eſt à très-peu près parallèle à l'axe, elle ſe dirige à très-peu près dans le ſens de la longueur des petites lames qui compoſent le priſme. Au contraire, ſi les rayons ſont dirigés dans un plan preſque perpendiculaire à l'axe, ils traverſent les plans des petites lames ſur la même obliquité. L'unité & la double réfraction ont donc un rapport manifeſte avec la route que tient le rayon, ſoit que cette route ſoit parallèle aux plans des petites lames, ou qu'elle forme avec eux un angle fort aigu. Je ne dois pas oublier d'avertir ici, que, pour empêcher que la lumière ne ſouffre deux réfractions, il ne ſuffit pas que le rayon ait une direction quelconque dans le ſens des plans des petites lames ; il eſt néceſſaire de plus que la direction ſoit dans le ſens de la longueur du cryſtal.

J'ajouterai encore, que, lorſque les rayons qui traverſent le cryſtal de roche avec les conditions preſcrites, offrent l'image unique, cette image eſt toujours moins nette & moins diſtincte dans ſes couleurs, qu'elle ne le ſeroit ſi on regardoit l'objet à travers un bon verre bien homogène.

Il réſulte de ces obſervations deux vérités qui peuvent au moins ſervir à épargner des tentatives inutiles. La première, que ſi on vouloit tailler des lentilles avec le cryſtal de roche pour les divers uſages de l'optique, il faudroit employer des morceaux dont les faces fuſſent parallèles à la baſe du cryſtal, en ſorte que l'axe des lentilles coincidât, ou au moins fût parallèle à l'axe du cryſtal, & cela pour éviter, autant qu'il ſeroit poſſible, le doublement des points dans l'image des objets. L'autre, qu'il y a peut-être moins d'avantages à eſpérer de la plus grande tranſparence qu'auroient des lentilles faites avec cette matière, que d'inconvéniens à craindre de la petite confuſion des rayons, qu'il ſeroit impoſſible d'éviter dans ces ſortes de lentilles, même en les travaillant avec la précaution que je viens d'indiquer.

Mais outre le cryſtal de roche & le cryſtal d'Iſlande, n'y auroit-il point dans la nature d'autres corps dans leſquels la lumière ſouffrît deux réfractions, ou même davantage dans un ordre conſtant?

Sgraveſande, en obſervant un priſme équiangle de caillou du Bréſil, a trouvé à chacun des angles une réfraction inégale, à la vérité, mais conſtamment double. Cette variété dans les réfractions, tant par rapport au nombre que par rapport aux autres accidens, ne ſeroit-elle point la route par laquelle la nature paſſe de la tranſparence à l'opacité. Cette conjecture paroît aſſez conforme aux obſervations faites ſur les corps tranſparens qui deviennent opaques, ſoit que ce changement s'opère naturellement, ou qu'il ne ſoit dû qu'aux procédés des Arts.

Des recherches ultérieures, faites avec beaucoup d'exactitude ſur les différentes loix de la réfraction dans les corps foſſiles tranſparens, ſoit que cette réfraction ſoit unique, ſoit qu'il y en ait deux, où même davantage, ne pourroient-elles pas nous donner quelques lumières ſur la génération même & la ſtructure de ces corps ? & lorſqu'on ſeroit aſſez inſtruit ſur le rapport des loix de la réfraction dans ces corps avec leur ſtructure, ne pourroit-on pas réciproquement remonter de la connoiſſance de la ſtructure interne d'un corps à la connoiſſance des loix de la réfraction que doit ſubir la lumière, en le traverſant? Ne pourrions-nous pas même, par ce moyen, approcher de plus en plus de la connoiſſance de la cauſe, ſi peu connue jusqu'à préſent, de la réflexion & de la réfraction de la lumière ?

Lorſque je me ſuis occupé de la double réfraction du cryſtal de roche, je n'avois aucune connoiſſance du Mémoire intéreſſant du Père Beccaria ; dont je viens de rapporter les principaux articles. Auſſi la route que nous avons ſuivie l'un & l'autre eſt-elle très-différente, & n'a pas le même but. C'eſt l'aſſertion de M. Huygens que le Père Beccaria examine d'une manière particulière, & cet examen lui fait découvrir le ſens dans lequel la double réfraction n'a pas lieu. *Quam autem finxerat* (dit Huygens, tractatus de lumine, pag. 46) *duplicem luminis emanationem ea probabilior mihi viſa eſt poſt certum phænomenon cryſtalli vulgaris quod cum forma hexagona creſcat; videtur quoque conſtare particulis certæ figuræ & certo ordine diſpoſitis; illud autem erat quod in illa etiam cryſtallo duplex eſſet refractio ut in cryſtallo Iſlandica quanquam evidens minus. Et enim cum plura fruſtrà mihi curaſſem in ſpeciem priſmatum læviſſimorum, idque per diverſas ſectiones obſervari in ſingulis per quæ aut candelæ flammam, aut plumbum vitrorum in feneſtris conſpiciebam, omnia videri duplicia, quanquam imagines paululùm tantùm à ſe invicem diſtabant.*

Unde perſpexi cur corpus illud adeò pellucidum adeò inutile eſt in teleſcopiis paulò longioribus.

Quoique la forme priſmatique ait fait connoître à Huygens que le cryſtal de roche jouiſſoit, ainſi que le cryſtal d'Iſlande, de la propriété de doubler les images des objets, il étoit encore néceſſaire, pour faire ſur ce ſujet des obſervations intéreſſantes, de corriger par un priſme oppoſé de verre de France les couleurs qui naiſſent de la forme priſmatique du cryſtal de roche ; car ſans cet achromatiſme les images paroiſſent confuſes & mal terminées, & il me paroît même très-difficile de fixer ſans cette précaution le véritable ſens dans lequel le cryſtal de roche doit être taillé pour ſervir comme le verre aux inſtrumens d'optique. Je nommerai dans la ſuite l'union de ces deux priſmes, *milieu achromatique doublement refringent.*

Ce fut le 25 Janvier 1777 que je rendis compte à l'Académie de cette conſtruction, comme on peut le voir par l'Extrait des Regiſtres qui ſe trouve à la fin de cet Ouvrage. Je fis voir en même temps qu'on pouvoit ſe ſervir de cette ſingulière propriété pour meſurer de petits angles. Ainſi cet effet que Huygens & les Phyſiciens qui l'ont ſuivi regardoient comme un défaut qui devoit exclure à jamais cette ſubſtance de la conſtruction des inſtrumens d'optique, étoit, dans le fait, une propriété infiniment utile pour donner la meſure des petits angles avec un degré de préciſion auquel il paroiſſoit impoſſible de pouvoir atteindre.

Jamais, je l'avoue, je n'ai reſſenti de plaiſir plus vif que lorſque j'entrevis l'uſage que je pouvois faire de cette étonnante propriété. Ce qui me flattoit le plus, c'eſt que le haſard, qui a ſouvent conduit aux découvertes les plus utiles, ne m'a été d'aucun ſecours dans cette recherche ; c'eſt l'application du mouvement circulaire que j'avois trouvée à la fin de 1775, qui me ſervit d'abord à faire varier à volonté l'effet de la double réfraction : avant même que l'inſtrument fût conſtruit, je rendis compte à l'Académie de mes vues ſur ce ſujet de la manière ſuivante.

La difficulté de ſe procurer dans la chambre la plus obſcure un ſpectre aſſez vif & aſſez étendu pour diſtinguer les différentes couleurs qui réſultent de la décompoſition de la lumière d'une étoile, me fit imaginer d'employer à cette recherche le téleſcope armé de priſmes de différens angles & de différentes denſités : ce moyen, que j'ai employé avec ſuccès à la détermination préciſe du rapport de diſperſion dans des verres de denſités différentes, peut s'appliquer avec le même avantage aux autres expériences indiquées par Newton ; il m'a paru ſur-tout très-propre à nous faire connoître avec préciſion la double réfraction des *différens cryſtaux de roche ; mais cette recherche m'a conduit à la découverte d'un micromètre objectif, qui m'a paru préſenter des avantages aſſez grands pour devoir en faire part tout de ſuite à l'Académie. Ce micromètre eſt compoſé de deux priſmes de cryſtal de roche de même angle, & par conſéquent dont la double réfraction eſt la même, & dans tous les cas proportionnés à l'angle réfringent des priſmes ; par la poſition reſpective de ces priſmes, on obtient des ſpectres qui s'écartent ou ſe confondent ſelon la ſomme ou la différence de ces angles. Il ne s'agit donc plus que de détruire l'effet qui réſulte de la forme priſmatique de chaque priſme, ſans diminuer cette double réfraction, ſi favorable à la meſure préciſe des angles ; & rien n'eſt plus facile, en appliquant à chaque priſme de cryſtal de roche un priſme de verre de France, qui, comme on ſait, peut dans tous les cas anéantir les couleurs, & par conſéquent la confuſion qui en eſt une ſuite.*

Tel fut le premier expoſé du projet que j'avois conçu d'employer la double réfraction à la meſure des angles. Je fis exécuter ſur le champ l'inſtrument, & l'Artiſte me l'apporta à l'Académie, la ſéance qui ſuivit celle du 25 Janvier 1777, dans laquelle j'avois fait part de mes vues. Je ſoumis cet inſtrument à l'examen de l'Académie, même avant de l'avoir éprouvé. On me fit remarquer que le mouvement des deux priſmes achromatiques de cryſtal de roche produiſoit quatre images. J'aurois dû avoir prévu cet effet, qui ne laiſſa pas de m'embarraſſer beaucoup dans le moment où l'on me le fit appercevoir; car chaque priſme de cryſtal de roche donnant deux images du même objet, deux priſmes de cette ſubſtance doivent produire quatre images. Il eſt vrai que, lorſque l'effet de l'un détruit celui de l'autre, les quatre images n'en forment plus qu'une, ou ſi les deux priſmes ſont dans le même ſens, on ne voit encore que deux images. C'eſt l'examen particulier de ces deux poſitions des priſmes, qui m'avoit induit en erreur ſur le nombre des images dans toutes les autres poſitions intermédiaires des priſmes compriſes entre ces deux cas. Au reſte, l'écartement entre les images variant par le mouvement circulaire des deux priſmes l'un ſur l'autre, cet inſtrument donnoit toujours la meſure de l'angle, en obſervant de prendre les deux images qui répondoient à cette meſure. Ce choix n'étoit pas fort embarraſſant, mais il falloit un peu d'attention pour ne pas ſe tromper. D'ailleurs, chacune des quatre images n'avoit que le quart de la lumière, qui émanoit de l'objet ces défauts ; ce qui me fit chercher une conſtruction plus favorable : je la trouvai peu de jours après la conſtruction de mon premier micromètre. Quelque ſimple qu'elle puiſſe paroître, ce ne fut qu'après avoir épuiſé un grand nombre de combinaiſons, que je vis, par la théorie, qu'en mouvant un priſme achromatique de cryſtal de roche le long de l'axe d'une lunette, je pouvois encore varier à volonté l'écartement des deux images.

Je rendis compte à l'Académie de cette nouvelle conſtruction, & je demandai des Commiſſaires pour en voir l'effet ſur une lunette à laquelle je l'avois adaptée. Je lus à la Séance du 26 Février 1777 l'écrit ſuivant, qui a pour titre : *Addition ſur un micromètre fait avec du cryſtal de roche.*

J'ai déjà fait voir que la double réfraction du cryſtal de roche pouvoit ſervir à meſurer de petits angles ; mais je n'avois pas imaginé que ce moyen pourroit s'appliquer à toutes eſpèces de lunettes, quel qu'en ſoit l'effet, ſans altérer en aucune façon la diſtinction avec laquelle on doit voir *les planètes lorſqu'on veut meſurer leurs diamètres avec la préciſion qu'exige une obſervation auſſi délicate. La conſtruction du premier micromètre de ce genre que je préſentai à l'Académie, avoit quelques défauts auxquels la diſpoſition préſente remédie abſolument.*

Ce moyen a d'ailleurs l'avantage d'être beaucoup plus ſimple & moins diſpendieux; il conſiſte en un ſeul priſme de cryſtal de roche combiné avec deux priſmes de verre de France pour détruire les couleurs. On approche ou on éloigne du foyer de l'objectif les priſmes, de manière que les deux images de Jupiter, ou de telle autre planète dont on voudra meſurer le diamètre, ſe touchent : ce contact ſe juge avec une préciſion d'autant plus grande, que les deux images qui ſont égales en force, ſont auſſi bien terminées que s'il n'y avoit pas de priſmes, parce qu'ils ſont très-près de l'oculaire.

Je n'entrerai pas dans le détail des avantages de cette nouvelle conſtruction, & des inconvéniens de la précédente, me propoſant de donner ſur ce ſujet un Mémoire détaillé, lorſqu'un plus grand nombre d'expériences aura fixé le degré de préciſion que peut comporter cet inſtrument.

Les Commiſſaires nommés par l'Académie pour examiner mes recherches, firent le rapport qui ſuit.

Extrait des Regiſtres de l'Académie Royale des Sciences, du 5 Mars 1777.

Nous avons examiné par ordre de l'Académie, MM. Lemonnier, Leroy & moi, deux Mémoires de M. l'Abbé de Rochon, ſur deux micromètres de ſon invention. Ces deux inſtrumens ſont deſtinés à meſurer, ſoit les diamètres des aſtres, ſoit la diſtance des deux aſtres très-voiſins, ou plutôt l'angle ſous lequel ces diamètres ou cette diſtance ſont vus de la terre.

M. l'Abbé de Rochon emploie des priſmes formés avec le cryſtal de roche, qui, comme on ſait, a une double réfraction. Il commence par former avec différens priſmes de ce cryſtal & de verre commun, un priſme compoſé achromatique & à double réfraction.

Il meſure enſuite la quantité de cette double réfraction. Pour cela il place ſon priſme à l'objectif d'une lunette plus ou moins forte ; il regarde avec cette lunette un objet d'un diamètre donné, & il s'écarte juſqu'à ce que les deux images de cet objet viennent à ſe ſéparer. Le rapport entre la diſtance du foyer de l'objectif de la lunette au centre de l'objet obſervé, & le diamètre de cet objet, donne l'angle de la double réfraction. La ſeule incertitude qu'il puiſſe y avoir dans cette détermination, dépend du point où l'on ſaiſit le contact des deux images ; mais il eſt aiſé de voir qu'en employant des lunettes très-fortes, on pourra déterminer le point de contact avec une très-grande préciſion.

Cela poſé, ſi on veut meſurer le diamètre d'un objet, on prendra deux priſmes achromatiques ſemblabes, & on les appliquera l'un ſur l'autre, de manière que l'un des deux puiſſe tourner autour de ſon centre. On voit que par ce moyen ils formeront par leur combinaiſon un priſme compoſé qui pourra repréſenter ſucceſſivement tous les priſmes, depuis celui où la réfraction double eſt zero juſqu'à celui où elle le double de ce qu'elle étoit dans chacun des deux priſmes. Suppoſons, par exemple, que cette réfraction ſoit de quinze minutes dans un priſme ſimple, ſi dans le priſme compoſé le cercle qui porte le priſme mobile marque zero au point où la réfraction double eſt anéantie, lorſque le cercle marque cent quatre-vingt degrés, la réfraction double ſera de trente minutes; ainſi cent quatre-vingt degrés de ce cercle répondront à trente minutes, & le degré répondra à dix ſecondes. Si donc on regarde, avec la lunette armée de ce priſme compoſé, un objet dont on veuille chercher le diamètre apparent, on cherchera le point du contact des deux images de cet objet, on obſervera le nombre de degrés marqués alors ſur le cercle qui porte le priſme mobile, & le diamètre de l'objet aura autant de fois dix ſecondes que ce cercle aura marqué de degrés.

Tel eſt le premier micromètre propoſé par M. l'Abbé de Rochon.

Mais il a obſervé 1°. que ce micromètre étant placé à l'objectif de la lunette, auroit beſoin d'être travaillé avec la même perfection que les objectifs; ce qui peut être un inconvénient dans l'uſage commun.

2°. Que ſi on obſerve un point avec ce micromètre, on aura une ſeule image lorſque le cercle qui porte le priſme mobile marquera zero, deux, lorſqu'il marquera cent quatre-vingt degrés, & quatre dans les points intermédiaires; & qu'ainſi l'obſervation du point du contact exigera beaucoup d'attention pour bien diſtinguer celle des images dont il faut obſerver le point du contact.

3°. Il y auroit dans cet appareil une perte conſidérable de lumière, & l'on ſait que moins il y a de lumière, moins il y a d'exactitude dans l'obſervation du point de contact.

Ces réflexions ont déterminé M. l'Abbé de Rochon à chercher un autre micromètre.

Celui qu'il propoſe eſt formé d'un ſeul priſme; on s'aſſûre d'abord, comme pour le premier micromètre, de la valeur de la double réfraction, le priſme étant placé à l'objectif de la lunette. On l'éloigne enſuite de l'objectif, en le rapprochant de l'oculaire; l'angle de la double réfraction eſt alors à ce qu'il étoit dans la premirèe poſition, comme la diſtance de l'objectif au foyer à la diſtance du priſme au même foyer. Suppoſons, par exemple, la double réfraction de ſept minutes & la diſtance de l'objectif au foyer de trois pieds. Si on rapproche le priſme de la moitié de cette diſtance, l'écartement cauſé par la double réfraction ne ſera plus que de trois minutes & demie, & ainſi de ſuite. Si donc on veut meſurer le diamètre d'un objet, on rapprochera le priſme juſqu'à ce qu'on obſerve le point du contact des deux images, & connoiſſant alors l'angle de réfraction à l'objectif, la diſtance de l'objectif à ſon foyer, & la diſtance du priſme au même foyer, on aura par une ſimple proportion le diamètre de l'objet. Par exemple, ſi la double réfraction eſt de ſept minutes, la diſtance du foyer à l'objectif, trois pieds, la diſtance du priſme au foyer trois pouces, au point où l'on trouve le contact, le diamètre de l'objet ſera trente-cinq ſecondes; une ligne répond ici à moins d'une ſeconde, & cet exemple ſuffit pour juger du degré d'exactitude de l'inſtrument.

On voit qu'elle dépend primitivement de l'exactitude de la détermination de la double réfraction du priſme dans le premier micromètre. Une ſeconde d'erreur dans cette détermination en donnoit une ſeconde, ou même deux dans la meſure du diamètre de l'objet. Dans le ſecond micromètre, une ſeconde d'erreur dans la première détermination, n'en peut occaſionner dans la meſure du diamètre qu'une beaucoup

beaucoup moindre, & dans le rapport de la diſtance de l'objectif au foyer, avec la diſtance du priſme au foyer. Ainſi dans cet exemple que nous avons choiſi, l'erreur d'une ſeconde n'en produiroit qu'une d'un douzième de ſeconde.

Ce nouveau micromètre a un autre avantage, c'eſt qu'étant placé près de l'oculaire, les priſmes n'ont pas beſoin d'être travaillés avec la même perfection que pour le premier micromètre. La perte de lumière qu'il occaſionne eſt auſſi beaucoup moindre.

Ces deux micromètres nous paroiſſent très-ingénieux, & fondés ſur des principes abſolument neufs. Le ſecond ſur-tout ſera très-propre à meſurer avec la plus grande préciſion des angles très-petits. La théorie ne nous a paru fournir aucune objection contre l'exactitude de cet inſtrument. Les eſſais qu'en a faits M. l'Abbé Rochon, paroiſſent confirmer la théorie. Nous croyons qu'on ne ſauroit trop exhorter M. l'Abbé Rochon à faire exécuter en grand ſon nouveau micromètre, dont on peut eſpérer de tirer une très-grande utilité dans un très-grand nombre d'obſervations aſtronomiques fort délicates. La pratique ſeule peut apprendre juſqu'à quel point l'uſage en ſera commode, &

s'il ſera facile de lui donner toute l'exactitude que fait eſpérer la théorie; mais nous croyons qu'en attendant, l'Académie doit mettre le Public à portée de profiter des excellentes vûes que renferment les deux Mémoires de M. l'Abbé Rochon.

Signé LE ROY, LE MONNIER, & le Marquis DE CONDORCET.

Je certifie le préſent Extrait conforme à ſon original & au jugement de l'Académie, le 6 Mars 1777. Le Marquis DE CONDORCET.

JE n'ai rapporté ces premiers Eſſais ſur la meſure des angles, que pour faire voir la marche que j'ai ſuivie dès les premiers temps que je me ſuis occupé de cet objet. Je m'écarterois du but que je me ſuis propoſé, ſi je m'arrêtois à diſcuter les anciennes conſtructions dont j'ai rendu compte. Je n'ignore pas que toutes celles où j'ai fait uſage d'un ſeul miroir, pour donner à la lumière une direction déterminée, ſont en cela même défectueuſes. En effet, ſoit (*fig.* 23.) L la lune, & E une étoile, dont les images coïncident au foyer O de l'objectif AB par le moyen du miroir D, qui fait prendre aux rayons

LD la direction convenable à cette réunion ; l'œil, armé de l'oculaire N, jugera le contact, & rendra très-ſenſible la ſéparation des deux images occaſionnées par le ſeul mouvement imprimé à l'inſtrument. Si, par exemple, ce mouvement eſt d'une minute, l'étoile E, au lieu de reſter en O au milieu du champ de la lunette, ſe portera en *q* à une minute de ce point, & l'image L de la lune, dont la direction a été changée par le miroir D & projetée d'abord en O, ne ſe rendra pas au point *q*, par le mouvement donné à l'inſtrument, parce que l'inclinaiſon d'une minute dans le miroir, produit un déplacement de deux minutes dans l'image: ainſi l'image de la lune ne coïncidera plus avec celle de l'étoile, & leur écart *q r* ſera d'une minute. Or, cette conſtruction ne produit pas l'effet déſiré, & prouve la néceſſité d'employer deux miroirs pour donner à la lumière une direction conſtante comme dans le quartier de réflexion de M. Hadlei, inſtrument qui vient d'acquérir, par les ſoins & les recherches de M. le Chevalier de Borda, Capitaine des vaiſſeaux du Roi, & Membre de l'Académie des Sciences, un très-grand degré de perfection.

On voit par cet expoſé, que, dès l'année 1767, j'avois propoſé de rendre l'heliomètre de M. Bouguer, ſuſceptible de meſurer des angles plus grands, en adaptant devant les objectifs des priſmes achromaques. J'avois alors quelques difficultés à rendre les priſmes aſſez achromatiques, pour ſervir devant une lunette, à la meſure préciſe des angles : c'eſt en méditant ſur les moyens employés par Newton & par M. Clairaut, pour déterminer la diſperſion qui a lieu dans les différentes ſubſtances, que je conçus l'idée des priſmes à angles variables, par le mouvement circulaire de deux priſmes l'un ſur l'autre.

J'ai déjà traité, *page* 107, de ces priſmes, dans la deſcription d'un inſtrument deſtiné à donner le rapport de diſperſion, & que j'ai nommé pour cette raiſon *diaſporamètre*; par conſéquent, ſi on joint à ce moyen de rendre les priſmes ſuſceptibles de variations par le mouvement circulaire, mes anciennes recherches ſur la meſure des angles par des priſmes achromatiques, imprimées en 1768, on ſera forcé de convenir qu'au commencement de l'année 1776, j'avois trouvé tout ce qui étoit eſſentiel à la meſure préciſe des angles par des priſmes de verre. La découverte du mouvement circulaire m'a encore procuré un moyen facile de connoître avec préciſion & célérité la diſperſion d'un grand nombre de ſubſtances tranſparentes; tant ſolides que fluides, & de faire, avec différentes ſubſtances, des priſmes parfaitement achromatiques. Cette méthode a encore l'avantage de donner la meſure des angles avec beaucoup plus de préciſion que l'écart des objectifs; auſſi dès que j'eus connus par expérience l'effet de la double réfraction des criſtaux de roche & d'Iſlande, j'employai le mouvement circulaire pour varier à volonté l'effet de la double réfraction; je compoſai un micromètre d'un genre abſolument nouveau, pour prendre avec exactitude le diamètre des planetes, & généralement tous les petits angles. Cette conſtruction, dont j'ai déjà rendu compte, avoit le défaut de donner quatre images d'un même objet, ce qui m'obligeoit à diminuer le pouvoir amplifiant de la lunette, pour me procurer le degré convenable de lumière; car les vérifications qui dépendent de la multiplication des images & de la propriété du cercle, peuvent compenſer l'embarras cauſé par le choix des images. Cependant ce défaut me fit chercher une nouvelle conſtruction. Je vis, après quelques combinaiſons, qu'en faiſant mouvoir en ligne droite, le long de l'axe d'une lunette, un priſme achromatique de criſtal de roche, je variois également l'effet de la double réfraction. Je perdois à la vérité, par cette ſeconde conſtruction, quelques avantages attachés à la première. Je n'avois plus d'échelle de longueur illimitée; je me privois des vérifications qui dépendent de la quadruple image, & de la propriété du cercle; je n'étois plus garanti de l'effet de la parallaxe optique. Mais dans la meſure des petits angles, tous ces avantages ne ſont d'aucune importance; car l'échelle donnée par la longueur foyale de l'objectif, excède celle qui auroit pour limite le degré d'incertitude avec lequel on juge le point de contact. Les vérifications ſont auſſi peu importantes, parce que la figure des priſmes eſt invariable. Enfin, la parallaxe optique eſt infiniment petite dans la meſure de petits angles.

Ainſi, lorſqu'on ſe ſert de ſubſtances qui ont la double réfraction, la ſeconde conſtruction eſt préférable à la première, non ſeulement parce qu'elle ne donne que deux images d'un même objet, mais encore parce que le degré de préciſion avec lequel on meſure de petits angles, peut être auſſi grand que le jugement du point de contact le comporte, en obſervant de tenir le priſme le plus près qu'il eſt poſſible du foyer.

Pour faire ſentir plus fortement ce dernier avantage, qui n'a lieu que pour les ſubſtances qui jouiſſent de la ſingulière propriété d'une double réfraction, je vais tranſcrire ici l'obſervation que j'ai rapportée à la page VI des Extraits des Regiſtres de l'Académie.

Le 5 *Avril* 1777, *le temps étant clair & ſerein, j'obſervai Mars à huit heures du ſoir, par ma lunette achromatique de ſept pieds, à triple objectif, armée de ce micromètre. Les deux images de cette planete étoient bien terminées; les taches qu'on remarque quelquefois ſur ſon diſque étoient très-diſtinctes, & les deux diſques avoient une égale denſité de lumière. Je jugeai le contact précis des deux images de cette planete, lorſque le micromètre fut écarté du foyer de l'objectif, de* 33 *lignes & demi, d'où je conclus le diamètre de cette planete de* 16'', 2 *par cette ſeule proportion,* 1030 *lignes, diſtance foyale de l'objectif, eſt à* 8' 18'' *angle conſtant de la* *double réfraction, comme 33, 5 lignes diſtance du micromètre au foyer, eſt au diamètre de Mars.*

Il eſt à remarquer que l'erreur d'une ſeconde dans la meſure abſolue de la double réfraction, c'eſt-à-dire dans l'angle de 8' 16'' du micromètre, ne produiroit pas, dans la meſure du diamètre de Mars, par exemple, une erreur de deux tierces. Ainſi il y a moins d'erreur dans cet inſtrument, & les diviſions ſont plus ſenſibles que celles d'un ſecteur de cinq cents toiſes, car celle qui provient de l'incertitude du point de contact dépend abſolument de la force de la lunette.

Plus ce micromètre ſera près du foyer, & on ſera toujours maître de cette condition par un aſſortiment de priſmes de différens angles, moins il exigera de perfection, & plus il aura de préciſion.

J'ai fait un grand nombre d'expériences avec ce micromètre; il m'a donné la meſure des petits angles avec un tel degré de préciſion, qu'il a toujours ſurpaſſé, dans tous les cas, les limites qui dépendent du pouvoir amplifiant des plus fortes lunettes. Je n'ai pas borné ſes uſages à prendre dans le ciel de petits angles, tels que les diamètres des planetes & les diſtances d'étoiles à étoiles, &c. j'en ai fait uſage ſur terre, pour déterminer, par des opérations faciles & promptes, la diſtance & la grandeur des objets. Afin de ſimplifier la pratique de ces opérations, & de diſpenſer les Militaires & les Marins de tout calcul, j'ai dreſſé une Table, page XXXII, qui fait connoître le rapport qu'il y a entre la diſtance & la grandeur d'un objet, dans l'hypothèſe que le triangle eſt à peu près rectangle, parce qu'il eſt toujours aſſez facile de choiſir des objets qui rempliſſent à peu près cette condition.

Voici les trois ſuppoſitions qui peuvent avoir lieu lorſqu'on opère avec cet inſtrument: 1°. *la grandeur d'un objet étant donnée, déterminer ſa diſtance*; 2°. *la diſtance d'un objet étant donnée, déterminer ſa grandeur*; 3°. *la grandeur & la diſtance de l'objet étant abſolument inconnues, déterminer & ſa grandeur & ſa diſtance.*

Première ſuppoſition. *Lorſque la grandeur de l'objet eſt connue, déterminer ſa diſtance.*

Je meſure avec la lunette, armée de ce micromètre, l'angle qu'il fait par rapport à l'œil. En mettant en contact les deux images que les priſmes me donnent de cet objet, je trouve, par exemple, cet angle de 15′, le nombre eſt 229; d'où je conclus que la diſtance eſt 229 fois la grandeur de l'objet : ainſi la grandeur de l'objet étant, dans ce cas, connue, on détermine avec promptitude la diſtance. Suppoſons que cet objet ſoit un homme, on ſait que la hauteur moyenne de l'homme eſt de cinq pieds deux pouces; ſa diſtance ſera donc de 1183 pieds deux pouces.

On ne peut pas ſans doute ſe flatter, par une évaluation auſſi incertaine, d'obtenir la diſtance avec un grand degré de préciſion; mais il eſt beaucoup de cas où cette préciſion n'eſt pas d'une grande importance; car, ſi l'on voit pluſieurs hommes aſſemblées, & que dans l'évaluation de leurs hauteurs moyennes on ſe trompe d'un pouce, l'erreur qui en réſultera ne ſera que de la ſoixante & deuxième partie de la diſtance abſolue. La grandeur des moulins, qui ont des dimenſions à peu près conſtantes, ainſi que certains autres objets dont les dimenſions ſont connues, m'ont ſouvent ſervi à déterminer des diſtances conſidérables & inacceſſibles avec une célérité ſurprenante, par le moyen d'une lunette portative, armée de ce micromètre, qui n'a beſoin d'aucun ſupport ſtable pour prendre les angles avec préciſion; mais lorſqu'il m'eſt utile d'avoir les diſtances avec plus de préciſion, j'ai le ſoin d'employer un objet dont la grandeur eſt exactement déterminée, & placé perpendiculairement à l'axe de la lunette. Or, dans ce cas, ſi la grandeur de l'objet eſt exactement d'une toiſe, ſa diſtance ſera de 229 toiſes. Nous avons prouvé, par l'invariabilité de la double réfraction, & la longueur de l'échelle, qu'il ne pouvoit y avoir d'incertitude que celle qui provient de l'eſtimation du point de contact, & cette eſtimation tient abſolument au pouvoir amplifiant de la lunette : ainſi il faut que la lunette ſoit bien petite, pour que, par des obſervations répétées, cette incertitude ſoit d'une ſeconde. Or une ſeconde d'incertitude pour un angle de 15 minutes, ne produit, dans l'évaluation de la diſtance, qu'une incertitude d'environ un pied. Mais ſi le triangle n'étoit pas rectangle, & que l'objet, au lieu de faire un angle de 90° avec l'axe de la lunette, fît un angle de 80 ou de 100°, l'erreur qui réſulteroit de cette poſition, relativement à la diſtance, ne ſeroit que d'un ſoixante & dixième de la diſtance abſolue. D'après ces diverſes conſidérations, je penſe qu'il eſt beaucoup de circonſtances où cette méthode peut être utile, & qu'il en eſt d'autres où il faut avoir ſoin d'employer des objets d'un diamètre exactement connu, & placés de manière à former un triangle rectangle: alors, ſe ſervant d'une lunette dont le pouvoir amplifiant eſt très-grand, on pourroit parvenir à déterminer des diſtances avec un grand degré de préciſion, & peut-être même s'en ſervir avec ſuccès pour prolonger une méridienne d'une manière indéfinie, & l'appliquer aux opérations du nivellement. Mais toutes les applications que l'on peut faire de cet inſtrument, ſont trop faciles à imaginer, pour que nous croions devoir nous y arrêter. Voici cependant la méthode que nous emploierions de préférence, ſi nous avions une longue baſe à déterminer. Deux Obſervateurs, munis d'inſtrumens de même force, s'éloigneront l'un de l'autre à peu près de la diſtance de 500 toiſes dans la direction de la baſe qu'ils voudront meſurer; lorſqu'ils ſeront à leur ſtation, ils diſpoſeront, ſi c'eſt la nuit, deux points lumineux qui ſeront exactement à la diſtance de deux toiſes l'un de l'autre: il faut que les deux points lumineux ſoient perpendiculaires à l'axe de la lunette, condition qu'il peut facilement remplir au moyen d'une petite lunette perpendiculaire à l'axe de celle qui ſert à la meſure de l'angle. Nous avons dit qu'à chaque ſtation on employoit deux points lumineux diſtans l'un de l'autre de deux toiſes : ainſi, ſi l'angle trouvé par les deux Obſervateurs, eſt, par exemple, de douze minutes, la diſtance entre les deux ſtations ſera très-exactement, par la Table de la page XXXII, de 574 toiſes ; & cette diſtance ſera déterminée avec une grande célérité & beaucoup de préciſion. L'inégalité du terrein & les erreurs multipliées occaſionnées par l'addition des perches qui ſervent ordinairement à ces meſures, rendent ces opérations très-longues, & ſujettes à des erreurs plus conſidérables que la méthode que nous venons d'indiquer, laquelle n'a d'incertitude que celle qui dépend du point de contact. Je n'ai pas beſoin d'ajouter qu'on peut faire les mêmes opérations de jour ; mais celles qui ſe feroient la nuit au moyen de deux points lumineux, ſeroient, ce me ſemble, ſuſceptibles d'une plus grande préciſion.

Je paſſe à la ſeconde ſuppoſition. *La diſtance d'un objet étant donnée, déterminer ſa grandeur.* C'eſt abſolument l'inverſe de la première ſuppoſition. Ainſi la diſtance de l'objet étant, par exemple, de 229 toiſes, & l'angle ſous lequel on le voit de 15 minutes, la Table de la page XXXII apprend qu'il faut diviſer par deux cent vingt-neuf cette diſtance, pour avoir la grandeur de l'objet qu'on détermine par ce moyen avec une très-grande préciſion. Or, 229 toiſes, diviſées par 229, donnent une toiſe ; ainſi, dans cette ſuppoſition, la grandeur de l'objet eſt préciſément d'une toiſe. Cette méthode peut être employée avec ſuccès toutes les fois qu'on aura la Carte d'un pays ; & pour peu qu'elle ait été dreſſée avec ſoin, on déterminera avec préciſion lès différentes dimenſions des objets qu'on aura intérêt de connoître. On pourroit employer cette méthode à déterminer la hauteur des montagnes un peu éloignées.

3°. *La grandeur & la diſtance d'un objet étant inconnues, déterminer & ſa grandeur & ſa diſtance.* Je ſuppoſe que l'objet dont je veux connoître la diſtance, faſſe un angle de 15 minutes avec mon œil. Si j'approche de cet objet en ligne droite, l'angle augmentera : or, ſi je le trouve à la ſeconde ſtation de 16 minutes, cette différence ſera plus que ſuffiſante pour me donner, dans les cas ordinaires, la diſtance

& la grandeur de l'objet, pourvu toutefois que je meſure la diſtance qu'il y a entre la première & la ſeconde ſtation, condition qui ne préſente jamais aucune difficulté. Je ſuppoſe cette diſtance de dix toiſes; & pour réſoudre enſuite ce petit problême avec généralité, je nomme φ la tangente de l'angle de 15′, φ' la tangente de l'angle de 16′, r le rayon des tables, δ l'intervalle de dix toiſes qui ſépare les deux ſtations; je nomme encore x la grandeur de l'objet, y ſa diſtance depuis la première ſtation; d'où il ſuit que $y - \delta$ ſera la diſtance de la ſeconde ſtation à l'objet. Alors les deux proportions ſuivantes donneront la valeur des deux inconnues x & y.

$$r : \varphi :: y : x,$$
$$r : \varphi :: y - \delta : x,$$
$$\text{donc } y = \frac{\varphi' \delta}{\varphi' - \varphi},$$

C'eſt-à-dire que la diſtance y de la première ſtation à l'objet, eſt égale à la tangente de l'angle de la ſeconde ſtation multipliée par l'intervalle qui ſépare les deux ſtations diviſées par la différence des tangentes des angles aux deux ſtations. Ainſi dans l'exemple que nous venons de citer, nous aurons la diſtance de la première ſtation à l'objet, en multipliant la tangente de l'angle de 16 minutes qu'on trouve dans les tables des tangentes de 465 par dix toiſes, & en diviſant cette ſomme par la différence de 465 à 436, qui ſont les deux tangentes des angles de 16 minutes, & de 15 minutes; par conſéquent cette diſtance ſera de 160 toiſes deux pieds à peu près.

Mais on peut ſe diſpenſer de faire uſage des tangentes, parce que dans les petits angles, les tangentes different fort peu des arcs; ainſi dans la formule $y = \frac{\varphi' \delta}{\varphi - \varphi}$, on peut ſubſtituer, ſans erreur ſenſible, les arcs aux tangentes; par conſéquent on aura, en prenant le même exemple, $y = \frac{16' \times 10 \text{ toiſes}}{16' - 15'}$, ce qui donne 160 toiſes pour la valeur de la diſtance. Nous ne ſommes entrés dans ces petits détails, que pour mettre l'uſage de cet inſtrument à portée de tout le monde.

La diſtance y étant connue, on déterminera par la table XXX la grandeur x de l'objet, qui ſera dans cet exemple 160 toiſes, diviſé par 229, nombre qui répond dans notre table à $15'$: ainſi la grandeur de l'objet ſera de 4 pieds 2 pouces 4 lignes à peu près. Nous croyons devoir rappeler ici ce que nous avons déjà dit, *page* 102 de cet Ouvrage, au ſujet de l'apparence des images, lorſqu'on fait uſage de cet inſtrument ſur les objets terreſtres; car dans le ciel, l'illuſion dont nous allons parler n'a pas lieu. Voici ce que nous avons remarqué : Quoique les deux images d'un même objet, produites par la double réfraction d'un priſme de criſtal de roche ou d'Iſlande, ſoient ſenſiblement d'égale force, les aſpects varient ſelon la poſition de l'axe du priſme par rapport à l'œil. (*fig.* 10 & 11.) En effet, quand l'axe eſt vertical, les deux images du même objet paroiſſent à côté l'une de l'autre également éclairées & à la même diſtance; mais ſi l'axe du priſme eſt horizontal, l'apparence change, & l'image la plus élevée paroît toujours la plus éloignée. Ainſi les deux images ſont vues dans ce cas dans des plans très-différens; c'eſt-à-dire, l'une au deſſus de l'autre, à des diſtances d'autant plus inégales, que le payſage qu'on regarde eſt plus varié & a plus d'étendue. Cet effet a également lieu lorſqu'on fait uſage, dans la meſure des angles ſur terre, du quartier de réflexion ; mais cette illuſion ne nuit pas à la préciſion ; & quoiqu'il paroiſſe plus difficile, par cette raiſon, d'eſtimer le point de contact des objets verticaux que des objets horizontaux, cependant, avec un peu d'habitude, on parvient à ſe procurer à peu près le même degré d'exactitude dans l'un & l'autre cas. On remarque auſſi que ſur terre les images paroiſſent confuſes dans certaines circonſtances ; la raiſon de ce phénomène ſe trouve à la page 103 de cet Ouvrage, où je dis que deux images données par le priſme de criſtal de roche & d'Iſlande, deviennent, par leur déplacement, tranſparentes au point de ſe reſſentir du degré d'illumination des objets ſur leſquels elles portent & qui les recouvrent ; & de là proviennent toutes les illuſions qu'on obſervera dans l'uſage de cet inſtrument, & qui ont été pour moi un grand objet d'étonnement, avant que j'en aye trouvé la cauſe.

Cet inſtrument peut ſervir à connoître la hauteur à laquelle des oiſeaux dont les dimenſions ſont connues, s'élèvent dans l'air.

Il peut encore ſervir à fixer, avec

autant de célérité que d'exactitude, l'élévation d'un cerf-volant deſtiné à faire, dans l'atmoſphere, des expériences importantes.

Avant M. Franklin (*a*), on n'avoit employé le cerf-volant qu'à des amuſemens frivoles; mais cet homme célèbre a fait voir qu'on pouvoit, par cet inſtrument, connoître l'électricité de l'atmoſphère. Or, dans ce cas, il eſt utile de déterminer les différentes hauteurs perpendiculaires auxquelles il donne des ſignes plus ou moins forts d'électricité. Lorſqu'on attache un thermometre au cerf-volant, la lunette à priſme & une forte lunette ſerviront à faire voir ſa température qui a lieu à différentes hauteurs.

Les Marins peuvent auſſi employer, dans certaine circonſtances, la lunette armée de priſme, pour déterminer & la diſtance & la force des vaiſſeaux qu'ils peuvent rencontrer. En général, il

---

(*a*) M. Franklin penſe qu'on peut faire parvenir, à l'aide d'un cerf-volant, des avis importans à une place aſſiégée. Je crois qu'il ſeroit encore plus facile aux Marins de s'en ſervir, pour donner des avis, le long d'une côte, où les circonſtances ne leur permettroient pas d'aborder.

eſt bon d'avoir deux lunettes de ce genre, l'une faite comme les lunettes d'Opéra, armée de priſmes de criſtal d'Iſlande, pour meſurer des angles aſſez grands, & voir en même temps les objets droits; l'autre, beaucoup plus forte, doit renverſer les objets, & être armée de priſmes de criſtal de roche, pour meſurer les très-petits angles. Avec ces deux lunettes on peut faire des opérations très-utiles.

Je vois, par exemple, un vaiſſeau par deux ſtations; je connois ſa diſtance par ma lunette de criſtal d'Iſlande, qui me donne des angles conſidérables, & par conſéquent qui peut me donner l'angle que la girouette du grand mât fait, avec telle autre partie du vaiſſeau ſitué dans leur verticale. Enſuite, avec la lunette plus forte, armée d'un priſme de criſtal de roche, je détermine ou le diamètre de ce mât, ou d'autres dimenſions qui me ſervent à connoître ſa force; ainſi il eſt poſſible de connoître & la diſtance & la force d'un vaiſſeau, d'aſſez loin pour être quelquefois à portée ou de l'éviter, ou de le joindre.

Avant de terminer ce qui a rapport

aux priſmes de criſtal de roche, je dois rendre compte de quelques eſſais que j'ai faits pour les rendre achromatiques, ſans employer d'autres ſubſtances. Pour obtenir cet effet, j'ai taillé un priſme de criſtal de roche dans le ſens où la double réfraction eſt la plus forte, & j'ai enſuite taillé une priſme de même angle & de la même ſubſtance, mais dans le ſens où la double réfraction n'eſt pas ſenſible : ces deux priſmes poſés l'un ſur l'autre en ſens oppoſé, m'ont donné un achromatiſme parfait, avec la double réfraction dont cette ſubſtance eſt ſuſceptible. Quant aux priſmes de criſtal d'Iſlande, il eſt impoſſible de les rendre parfaitement achromatiques ; parce que les deux réfractions ont des diſperſions qui ſont entre elles comme celle qui a lieu dans le flintglaſſ à celle du verre de la Manufacture de Saint-Gobin : c'eſt pourquoi les lunettes armées de ces ſortes de priſmes ne doivent pas avoir un pouvoir amplifiant conſidérable, à moins qu'on ne les deſtine à meſurer le diamètre du ſoleil, parce qu'alors on employe des verres colorés qui ne laiſſent paſſer que des rayons ſenſiblement homogènes ; & qui affoibliſſent la lumière de cet aſtre.

J'ai fait à Saint-Gobin un eſſai, pour imiter l'effet de la double réfraction, qui m'a bien réuſſi. En attachant par le feu une lame de verre à une lame de flint-glaſſ, j'ai obtenu des effets ſemblables à ceux produits par le criſtal d'Iſlande. Cet eſſai me porte à croire qu'il entre dans les principes des criſtaux de roche & d'Iſlande, des ſubſtances différentes : car, ſans cela, comment expliquer l'effet de la double réfraction, & de la différente diſperſion ? Je ſais bien que l'analyſe chimique ne donne juſqu'à préſent aucun moyen de ſéparer ces ſubſtances. Mais je ſuis enfin parvenu à m'aſſurer que le criſtal de roche le plus homogène en apparence contient deux ſubſtances d'une inégale dureté. Voici la méthode que j'ai employée : j'ai dreſſé un morceau de criſtal de roche tiré des montagnes de Suiſſe, & je me ſuis procuré un plan auſſi parfaitement uni & poli qu'il m'a été poſſible ; j'ai enſuite examiné, par la réflexion oblique de la lumière ſur ce plan, les inégalités que cette méthode peut faire découvrir ; j'ai vu que ſa ſurface offroit des inégalités ſemblables à peu près à celles qui ont lieu lorſqu'on verſe quelques gouttes d'huile bien limpide ſur de l'eau. Ces inégalités m'annonçoient d'une manière ſenſible deux ſubſtances qui réfléchiſſoient la lumière avec une force inégale : mais il m'importoit encore de connoître ſi ces deux ſubſtances avoient une inégale dureté. Pour cet effet, j'ai appliqué ſur ſa ſurface un objectif de 14 pieds de foyer ; je l'ai preſſé ſur la ſurface plane du criſtal de roche, pour me procurer des anneaux colorés ; j'ai trouvé dans ces anneaux, des interruptions dans tous les endroits qui réfléchiſſoient la lumière, comme les gouttes d'huile réfléchiſſent la lumière par rapport à l'eau. Ces interruptions étoient ſi remarquables, que je pouvois trouver, par l'épaiſſeur des lames d'air, la quantité dont une des ſubſtances étoit plus creuſe que l'autre. L'évaluation la plus foible montoit à un cinq millième de ligne, quantité ſi petite, qu'il m'auroit été difficile de la déterminer d'une autre manière que par le moyen des anneaux colorés. Ainſi les deux ſubſtances qui entrent dans la formation du criſtal de roche, ont un degré inégal de dureté. La double réfraction de cette ſubſtance, quand elle eſt taillée dans le ſens le plus avantageux, donne à peu près 40″ pour un priſme dont l'angle eſt d'un degré : ainſi un priſme de criſtal de roche d'un angle de 30 degrés, donne vingt minutes de double réfraction. Quant au criſtal d'Iſlande, c'eſt environ neuf minutes par chaque degré ; d'où il ſuit qu'un priſme de criſtal d'Iſlande de trente degrés, donneroit une double réfraction de 4° 30′.

J'ai meſuré plus particuliérement les pouvoirs refringens du criſtal d'Iſlande, en conſtruiſant une lunette dont l'objectif eſt de cette ſubſtance. La différence de foyer m'a donné la différence des réfractions ; les deux rayons de courbure ſont de trois pieds. Le premier foyer eſt à 28 pouces 11 lignes, & le ſecond foyer à 33 pouces 2 lignes ; d'où il ſuit que le rapport de réfraction dans le premier cas, eſt 1, 61, & dans le ſecond cas 1, 55. Ainſi le criſtal d'Iſlande paroît compoſé de deux ſubſtances différemment réfrangibles, dont l'une a la réfraction du verre, tandis que l'autre a la réfraction du flintglaſſ. Cette lunette a la ſingulière propriété de faire ſucceſſivement l'efſet de deux lunettes d'inégales longueurs, ſans qu'on voie les objets doubles, ni même de confuſion ſenſible dans les images. Elles ſont ſeulement environnées d'une aberration qui forme un voile ſi léger, qu'il altère infiniment peu la diſtinction. On verra dans la ſuite de cet Ouvrage, l'uſage que nous avons fait de cette lunette pour la meſure des grands angles.

Lorſqu'on ſubſtitue aux priſmes qui donnent la double réfraction, un priſme achromatique de verre commun & de flintglaſſ, on ſe procure un bon micromètre qui peut ſervir, dans les quarts de cercle, à donner les ſecondes, & être ſubſtitué avec avantage à tous les uſages auxquels les Aſtronomes emploient les micromètres à fil; car ce priſme, en parcourant l'eſpace compris entre l'objectif & les fils en croix qui ſont au foyer de la lunette, ramène avec préciſion l'objet ſur les fils, quel que ſoit ſon écartement, pourvu qu'il n'excède pas quinze ou vingt minutes, pour éviter l'effet de la parallaxe optique.

J'ai encore propoſé à l'Académie un autre uſage des priſmes. L'on ſait que la meilleure méthode de déterminer en mer les longitudes, conſiſte dans l'obſervation de la diſtance de la lune au ſoleil, ou à une étoile qui ſe trouve dans le ſens de ſon mouvement. Les Marins ſont ſi habitués à obſerver, que ces ſortes d'obſervations ne leur offrent aucune difficulté, quoiqu'elles ſoient très-délicates : mais lorſqu'il faut faire les calculs néceſſaires pour changer la diſtance apparente en diſtance vraie, à cauſe de l'effet de la parallaxe & de la réfraction, les calculs que cette opération exige ne laiſſent pas que de les embarraſſer beaucoup ; & pour peu qu'ils en aient perdu l'habitude, ils ont de la peine à s'y remettre. J'ai eu lieu de faire fréquemment, dans les longs voyages que j'ai faits ſur mer, cette remarque ; auſſi cette méthode, quoiqu'elle ſoit infiniment avantageuſe à la ſûreté & aux progrès de la navigation, n'eſt pratiquée que par un fort petit nombre d'Officiers. On doit rendre hommage aux efforts que la Commiſſion des longitudes, établie en Angleterre, a faits dans ces derniers temps pour faciliter ces calculs, en donnant d'avance dans l'Almanach Nautique la diſtance de la lune au ſoleil & aux étoiles, de trois heures en trois heures. C'eſt le ſavant Docteur Maskeline, Aſtronome royal, qui eſt chargé de la rédaction de cet Ouvrage, & qui s'en acquitte avec un ſoin bien digne de la reconnoiſſance de tous ceux qui y ont recours, pour ſe diſpenſer de longs & pénibles calculs; mais ces Tables ne diſpenſent pas de la ſolution des trois triangles ſphériques, néceſſaires pour débarraſſer la diſtance obſervée de l'effet de la parallaxe, & de la réfraction. La Commiſſion des longitudes a fait imprimer des Tables qui abrègent beaucoup les calculs. Les méthodes de M. Maskeline, Lyons & Dunthorne, rempliſſent encore le même but; mais de toutes ces méthodes connues, celle donnée par le Chevalier de Borda, Capitaine des vaiſſeaux de Sa Majeſté, Membre de l'Académie des Sciences, me paroît mériter la préférence. Cependant il faut toujours, par tous ces moyens, réſoudre les trois triangles ſphériques, &, quelque méthode que l'on emploie, on ne peut parvenir qu'à ſimplifier les calculs. J'ai donc cherché le moyen de m'en diſpenſer, ſans avoir même recours à la méthode graphique, propoſée par

M. le Monnier, de l'Académie Royale des Sciences. Pour remplir ce projet (*fig.* 18.), je place un priſme A de verre, dont la réfraction eſt d'un degré derrière le petit miroir B de l'inſtrument à réflexion qui ſert à la meſure de l'angle ; ce priſme peut tourner circulairement. Un fil noir, où un trait indique le ſens ſelon lequel il doit être tourné pour que ſon axe ſoit parallèle à l'horizon, & par conſéquent ſon angle, dans cette poſition, eſt vertical. Il eſt évident qu'en faiſant mouvoir ce priſme de la valeur de cent quatre-vingts degrés, ſon angle eſt encore vertical, mais ſon effet eſt en ſens oppoſé de la première poſition ; de ſorte que pour la poſition où le ſommet de l'angle eſt tourné vers le ciel, & pour celle où il eſt tourné vers la terre, la différence de réfraction eſt de deux degrés. Il eſt bien à remarquer que l'œil juge avec une préciſion ſuffiſante, d'une ligne verticale, lorſqu'il eſt guidé par le fil noir, qui indique ſur le priſme la poſition qu'il faut lui donner ; & quand l'eſtimation de l'œil s'écarteroit d'un degré, cette différence ſeroit, comme on le voit, une erreur infiniment petite, puiſqu'entre les deux poſitions, écartées l'une de l'autre de 180°, la différence de réfraction ne ſeroit que de deux degrés. Cela poſé, tandis qu'un Obſervateur prend, avec un cercle de réflexion ou un ſextant, la diſtance apparente de la lune au ſoleil ou à une étoile, l'autre Obſervateur obſerve, avec un ſextant armé de ce priſme, la diſtance apparente de la lune au ſoleil dans les deux poſitions du priſme, éloignées, comme nous l'avons dit, l'une de l'autre de 180°. Or, ſelon la nature du plan qui paſſe par l'œil de l'Obſervateur, & la lune & le ſoleil, la diſtance obſervée ſera plus ou moins affectée de l'effet de la réfraction du priſme, laquelle ſeroit de deux degrés, ſi les deux aſtres étoient dans le même vertical. Or, c'eſt cette différence entre les deux obſervations, qu'il importe de connoître pour pouvoir lui comparer l'effet abſolu de la parallaxe combinée avec la réfraction, afin de déterminer, par une ſeule proportion, la quantité dont la diſtance apparente s'écarte de la diſtance réelle.

Je ſuppoſe, par exemple, que l'effet total de la parallaxe & de la réfraction ſoit de 20′, ce qu'on ſait toujours par la Table qui eſt à la fin de cet Ouvrage, lorſqu'on connoît la hauteur des deux aſtres au deſſus de l'horizon. Je ſuppoſe encore qu'on ait trouvé la diſtance apparente de la lune au ſoleil avec un bon inſtrument de 50°, & qu'avec l'inſtrument armé d'un priſme, on ait trouvé que la quantité dont les deux obſervations de diſtance diffèrent dans les deux poſitions du priſme eſt de 40'; je fais cette proportion : deux degrés de déplacement donnent quarante minutes entre les deux obſervations de diſtances; combien vingt minutes, effet abſolu de la parallaxe & de la réfraction, doivent-elles donner? Ce quatrième terme eſt 13' 20", quantité dont la diſtance apparente s'écarte de la réelle. Ainſi, l'art de convertir les diſtances apparentes de deux aſtres en diſtances réelles, ne conſiſte plus que dans deux obſervations faciles & à la portée de tous les Marins; car, ſi on veut, on peut encore ſe diſpenſer de faire la proportion que nous venons d'indiquer, en faiſant uſage de deux priſmes égaux tournant l'un ſur l'autre, qui repréſentent tous les angles poſſibles, depuis zéro juſqu'au double de chacun en particulier. Par conſéquent, ſi ces deux priſmes ſont enclavés dans les limbes diviſés, & qu'ils donnent chacun une réfraction d'un degré, il ſera facile de leur donner la poſition convenable pour qu'ils puiſſent produire une réfraction égale à l'effet combiné de la parallaxe & de la réfraction, qui eſt indiqué dans les Tables d'après les hauteurs des aſtres. Mais ce nouveau degré de facilité me paroît inutile, parce qu'il ne diſpenſe que d'une ſimple proportion.

Au reſte, on ſera toujours à portée d'en faire uſage, parce que la conſtruction de notre priſme exige qu'il ſoit compoſé de deux priſmes ſéparés par un anneau de verre, lequel eſt deſtiné à contenir un fluide pour remplir les fonctions d'un niveau à bulle d'air peu ſenſible, & ſur lequel le mouvement du vaiſſeau ait peu d'influence. Ce niveau, dont on verra la bulle d'air en même temps qu'on obſervera, ne permettra aucune erreur importante dans la poſition verticale que doit avoir l'angle du priſme, quelle que ſoit la ſituation de l'inſtrument, laquelle dépend toujours du plan qui paſſe par l'œil de l'Obſervateur & par des deux aſtres. Cette poſition verticale eſt d'ailleurs indiquée par un fil noir qui indique le ſens de l'angle refringent des priſmes ; deux autres fils noirs qui ſe meuvent dans un châſſis parallèlement au premier, & qui ſont ſuſceptibles de s'approcher ou de s'écarter l'un de l'autre, ſelon que la bulle d'air eſt plus ou moins dilatée, ſervent à aſſurer au priſme le degré de préciſion néceſſaire dans la poſition verticale qu'il faut lui donner.

Ce niveau eſt infiniment commode pour placer promptement dans la verticale l'angle du priſme, parce qu'on voit en même temps la bulle d'air & l'objet à travers le petit miroir & le priſme ; en ſorte qu'il ne peut y avoir dans aucun cas une déviation d'un demi degré. Or, une telle déviation ne ſeroit d'aucune conſéquence, puiſque la différence de réfraction dans les deux poſitions oppoſées du priſme, eſt ſuppoſée d'un degré : c'eſt donc cent quatre-vingts degrés de différence dans les deux poſitions verticales & oppoſées du priſme, qui donne une différence de réfraction d'un degré ; par conſéquent un demi-degré de déviation dans ces poſitions oppoſées, ne peut pas cauſer d'altération ſenſible dans la diſtance, vu ſur-tout que cette déviation ſouffre dans preſque tous

les

les cas une décompoſition qui rend ſon effet moins ſenſible encore ſur la diſtance. Enfin, rien n'empêche qu'on ſubſtitue au ſextant de réflexion un inſtrument de même genre, qui ne meſure avec préciſion qu'un petit nombre de degrés, comme celui que j'ai mis ſous les yeux de l'Académie; cet inſtrument devient par-là, & moins diſpendieux, & plus commode; mais il eſt néceſſairement borné à la meſure des différences entre les diſtances apparentes & les diſtances vraies. Dans cet inſtrument, le petit miroir eſt abſolument fixe; mais le grand miroir eſt mobile de deux manières; il eſt mu, comme dans les inſtrumens ordinaires à réflexion, par le moyen de l'alhidade; mais ce mouvement ſeroit inſuffiſant pour donner au grand miroir toutes les inclinaiſons qui conviennent pour meſurer les plus grands angles. Or, le mouvement de l'alhidade ne parcourt qu'un très-petit nombre de dégrés; j'ai donc été forcé de donner au grand miroir, par le moyen d'une vis ſans fin qui engraine dans la denture du cercle qui ſert de ſupport au grand miroir, un ſecond mouvement qui eſt indépendant de celui de l'alhidade. Ce ſecond mouvement ſert, non ſeulement à donner au grand miroir le degré d'inclinaiſon néceſſaire pour prendre tous les angles, quelles que ſoient leurs grandeurs, mais encore il ſert à obtenir le plus grand degré de préciſion dans la meſure des différences entre les diſtances apparentes & les diſtances vraies. En effet, ſuppoſons qu'on mette en contact les deux aſtres par le ſeul mouvement du grand miroir, c'eſt-à-dire en tournant la vis ſans fin qui fait mouvoir ce miroir ſur ſon centre lorſque l'alhidade eſt fixé ſur zèro, juſqu'à ce que le priſme, qui eſt derrière le petit miroir, ſoit dans la poſition verticale qui lui eſt eſſentielle; nous pouvons ſuppoſer encore que la poſition verticale du priſme eſt telle dans ce cas, que le ſommet de ſon angle eſt tourné vers le ciel. Si dans ces ſuppoſitions les deux aſtres ſont parfaitement en contact, on pourra toujours, ſans changer l'inclinaiſon des miroirs, faire ceſſer le contact en tournant le priſme en ſens oppoſé; car en renverſant ainſi le priſme, on produit un changement de réfraction d'un degré dans la hauteur de l'aſtre qui eſt vu à travers le priſme & par la partie non étamée du petit miroir; or, cette réfraction influera néceſſairement plus ou moins ſur la diſtance, & par conſéquent ſur le contact. On déterminera facilement la quantité dont il s'en faut que les deux aſtres ſoient en contact dans cette ſeconde poſition du priſme, en donnant au grand miroir l'inclinaiſon qui convient pour mettre de nouveau les deux aſtres en contact : mais pour donner ce mouvement au miroir, il faut ſe ſervir de l'alhidade, qui indiquera ſur le limbe la différence que l'on cherche. Suppoſons qu'on ait trouvé cette différence de quarante minutes, on aura dès-lors les données néceſſaires pour convertir en diſtance vraie la diſtance apparente, par la ſeule proportion que nous avons déjà indiquée ; mais ſi l'on craint par cette opération de ne pas parvenir au degré déſiré de préciſion, il faudra continuer de la manière ſuivante. On arrêtera l'alhidade ſur 40′, & changeant la poſition du priſme, de manière que le ſommet de ſon angle regarde le ciel, on mettra de nouveau les deux aſtres en contact par le moyen de la vis ſans fin, qui donne au grand miroir un mouvement circulaire ſur ſon centre, indépendant de celui de l'alhidade. Lorſque ce contact ſera obtenu, on tournera de nouveau le priſme dans une poſition diamétralement oppoſée; alors il faudra mettre les deux aſtres en contact par le moyen de l'alhidade qui indiquera ſur le limbe quatre-vingts minutes. Ainſi, lorſqu'on voudra une très-grande préciſion, il ſuffira de faire dix opérations ſemblables à celles que nous venons d'indiquer, & de diviſer l'arc que l'alhidade déſignera ſur le limbe, en dix, lequel arc ſera déterminé par ces dix opérations, avec dix fois plus de préciſion que par une ſeule opération. En effet, je ſuppoſe qu'après dix opérations je trouve que le nonius de l'alhidade me donne pour réſultat total 6° 42′; je diviſe ce réſultat par dix, & je trouve que l'influence du priſme ſur la diſtance apparente des aſtres, a été, dans ce cas, de 40′ 12″; donc le réſultat des dix opérations s'écarte de 12″ de celui de la première opération. Je n'ai pas beſoin d'ajouter que les erreurs cauſées par les petites déviations inévitables dans la poſition verticale du priſme, ainſi que les erreurs des diviſions, ſont d'autant mieux corrigées, qu'on multiplie les opérations. Or, comme elles ſe font très-promptement & très-facilement, il eſt avantageux d'en faire, tout le temps que l'Obſervateur qui s'eſt chargé de prendre exactement, par un cercle de réflexion, la diſtance apparente des aſtres, s'occupe de cette opération.

La méthode que je viens d'expoſer, ſuppoſe qu'il n'y ait qu'un des aſtres dont la hauteur varie, parce que mon inſtrument n'imite que la variation dans la hauteur de l'un des deux aſtres; mais cette ſuppoſition n'a pas lieu, puiſque les deux aſtres ſont plus ou moins affectés de l'effet de la parallaxe & de celui de la réfraction. Cependant on doit obſerver que les étoiles n'ont pas de parallaxe ſenſible, & celle du ſoleil n'eſt que de quelques ſecondes; ces aſtres ne ſe reſſentent donc que de l'effet de la réfraction; & ſi leur hauteur, au deſſus de l'horizon, eſt plus grande que quatorze degrés, cet effet ne ſurpaſſe jamais quatre minutes, & va toujours progreſſivement en diminuant juſqu'au zénith. Il n'en eſt pas de même de la lune, ſa parallaxe, qui eſt quelquefois de plus d'un degré, ſuit une progreſſion plus lente; en ſorte que la correction la plus eſſentielle à faire, eſt celle qui dépend de l'effet combiné de la parallaxe & de la réfraction de cet aſtre. Cependant, l'autre correction n'eſt pas à négliger, & notre inſtrument préſente le moyen de la connoître; il ſuffit pour cela de renverſer l'inſtrument, & de regarder le ſoleil ou l'étoile directement, & la lune, par réflexion, dans cette poſition. L'effet du priſme repréſente la réfraction du ſoleil ou de l'étoile, & une ſimple proportion donne, comme dans le premier cas, ſon influence ſur la diſtance. On pourroit encore ſe diſpenſer de renverſer l'inſtrument, ce qui peut être utile dans certaines circonſtances; c'eſt-à-dire dans toutes celles où l'on craindroit d'avoir une image trop foible de l'objet qu'on ſeroit obligé, dans cette diſpoſition, de voir par réflexion. Il ſuffiroit de mettre à la place où l'on a coutume de poſer les verres noirs, un priſme qui ſeroit ſuſceptible de ſe mouvoir circulairement. Nous avons dit que la poſition de ſon angle devoit être dans une ligne verticale; mais, pour lui donner cette poſition, on ne peut plus faire uſage du niveau; il faut avoir recours à la première opération, dans laquelle on ſe ſert du niveau, pour diſpoſer convenablement le priſme ſelon le plan où les deux aſtres ſe trouvent placés par rapport à l'œil. Mais le mouvement qu'il faut donner à ce priſme qui renferme la liqueur & la bulle d'air, ſervant de niveau, ſera toujours connu par le moyen d'un index fixe, & d'un cercle diviſé, qui ſuivra le mouvement du priſme ; ainſi l'on connoîtra toujours par-là combien le plan de l'inſtrument s'écarte de la perpendiculaire, & on pourra donner au priſme qui ſera placé devant le grand miroir, la poſition verticale qu'il doit avoir, & qui eſt connue par le priſme à bulle d'air.

Par les eſſais que j'ai faits de cet inſtrument, je l'ai trouvé d'un uſage facile & commode, & j'ai lieu d'eſpérer qu'il mettra un grand nombre des Marins dans le cas de faire uſage des obſervations des diſtances de la lune au ſoleil & aux étoiles, pour la détermination des longitudes, parce que cette méthode diſpenſe des calculs pénibles, qui juſqu'à préſent étoient le véritable obſtacle qui arrêtoit les progrès d'une connoiſſance auſſi eſſentielle à la vie des hommes, à la perfection des Cartes, & à la ſûreté de la navigation.

Il nous reſte maintenant à mettre ſous les yeux du Lecteur la meilleure méthode, & en même temps une des plus expéditives, pour convertir en diſtance vraie la diſtance apparente, afin de pouvoir juger des calculs que notre inſtrument épargne aux Marins, dans le cas qu'il rempliſſe, par la ſuite des temps, le but que nous nous ſommes propoſé. Il eſt encore à remarquer que cet inſtrument eſt fort peu diſpendieux, que cet appareil peut s'adapter à tous les octans, qu'il n'en augmenteroit pas le prix de la valeur de vingt-quatre livres ; & qu'enfin on ne peut commettre d'erreur, pour peu qu'on en connoiſſe l'uſage : il n'en eſt pas de même des calculs, ils exigent la plus grande attention, & même la précaution de vérifier chaque opération.

On eſt redevable à M. le Chevalier de Borda, Capitaine des vaiſſeaux du Roi, de l'Académie des Sciences & de la Marine, de la méthode que nous allons expoſer.

Soit (*fig.* 19.) Z : le zénith h, le lieu apparent de la lune, & h' ſon lieu vrai, H le lieu apparent du ſoleil ou de l'étoile, & H′ ſon lieu vrai ; ſoit Nn, l'horizon., la diſtance apparente ſera Hh, & la diſtance vraie H′h'. Je fais la hauteur apparente de la lune $nh = h$; ſa hauteur vraie $nh' = h'$, la hauteur apparente de l'autre aſtre $NH = H$; ſa hauteur vraie $NH' = H'$; la diſtance apparente $Hh = \delta$, & la diſtance vraie cherchée $H'h' = \delta'$;

l'angle nZN eſt conſtant dans les deux triangles hZH & $h'ZH'$; ainſi les élémens de trigonométrie nous donneront

$$\frac{\text{coſ.}\ \tfrac{1}{2}\,(H + h + \delta) \times \text{coſ.}\ \tfrac{1}{2}\,(H + h - \delta)}{\text{coſ.}\ H \times \text{coſ.}\ h}$$

$$= \frac{\text{coſ.}\ \tfrac{1}{2}\,(H' + h + \delta') \times (\text{coſ.}\ \tfrac{1}{2}\,(H' + h' + \delta')}{\text{coſ.}\ H' \times \text{coſ.}\ h'}.$$

La trigonométrie donne encore les équations ſuivantes : $\text{coſ.}\ \tfrac{1}{2}\,(H' + h' + \delta') \times \text{coſ.}\ \tfrac{1}{2}\,(H' + h' - \delta') = \tfrac{1}{2}\,\text{coſ.}\ (H' + h') + \tfrac{1}{2}\,\text{coſinus}\ \delta'$, & $\tfrac{1}{2}\,\text{coſinus}\ \delta' = \overline{\text{ſinus}}^{2}\ \tfrac{1}{2}\,\delta'$. $\tfrac{1}{2}\,\text{coſ.}\ (H' + h') = \tfrac{1}{2} - \overline{\text{ſin.}}^{2}\ \tfrac{1}{2}\,(H' + h') = -\ \tfrac{1}{2} + \overline{\text{coſ.}}^{2}\ \tfrac{1}{2}\,(H' + h')$; ſubſtituant ces valeurs, dans la premiere équation, on aura $\overline{\text{ſin.}}^{2}\ \tfrac{1}{2}\,\delta' = \overline{\text{coſ.}}^{2}\ \tfrac{1}{2}\,(H' + h')$

$$- \frac{\text{coſ.}\ H'\ \text{coſ.}\ h'\ \text{coſ.}\ \tfrac{1}{2}\,(H + h + \delta)\ \text{coſ.}\ \tfrac{1}{2}\,(H + h - \delta)}{\text{coſ.}\ H.\ \text{coſ.}\ h}.$$

Si on fait le ſecond membre de cette équation $= \varphi$, on aura $\overline{\text{ſin.}}^{2}\ \tfrac{1}{2}\,\delta' = \overline{\text{coſ.}}^{2}\ \tfrac{1}{2}\,(H' + h') - \varphi$, je fais $\text{ſin.}\ \varphi' = \frac{\sqrt{\varphi}}{\text{coſ.}\ \tfrac{1}{2}\,(H' + h')}$; par conſéquent $\text{ſin.}\ \tfrac{1}{2}\,\delta' = \text{coſ.}\ \tfrac{1}{2}\,(H' + h')\ \text{coſ.}\ \varphi'$; d'où il ſuit que le *ſinus* de la moitié de la diſtance vraie, eſt égal au *coſinus* de la ſomme des hauteurs vraies, multiplié par *coſinus* φ'

Appliquons maintenant cette formule à un exemple. Le 16 Août 1771, étant, par la laditude ſud de 22°¼, & par la longitude eſtimée de 83°14′ à l'orient du méridien de Paris, à 3h 22′ 0″ de temps vrai, j'ai trouvé, avec un excellent ſextant de Ramſden, la diſtance apparente du bord de la lune au bord du ſoleil, de 78°46′20″.

Dans la connoiſſance des temps, on trouve le demi-diamètre de la lune 15′48″, & celui du ſoleil 15′52; ce jour-là leur ſomme étoit 31′40″, laquelle, ajoutée à 78°46′20″, donne pour diſtance apparente des centres des deux aſtres, 79°18′. Nous négligerons dorénavant les ſecondes, pour abréger les calculs dans cet exemple; mais en même temps nous prévenons qu'on doit y avoir égard.

La hauteur apparente du centre du ſoleil étoit au même moment de 43°25′, & celle de la lune 47°33′; après avoir trouvé les hauteurs apparentes du centre des deux aſtres, il faut corriger l'effet de la réfraction, qui donne au ſoleil une hauteur trop grande, & corriger enſuite, pour la lune, l'effet combiné de la réfraction & de la parallaxe, qui l'abaiſſe trop. Pour ces deux corrections, il ne faut aucun calcul; les Tables qui ſont à la fin de l'Ouvrage, les donnent. Par la Table des réfractions, je vois tout de ſuite que, lorſque le ſoleil a 43° 25′ de hauteur, l'effet de la réfraction eſt à peu près d'une minute; ainſi la hauteur vraie du centre du ſoleil eſt 43° 24 : quant à celle de la lune, il faut connoître la parallaxe horizontale de cet aſtre, laquelle eſt ce jour-là, dans la connoiſſance des temps, de 58′. Maintenant, dans la Table deſtinée à corriger tout à la fois l'effet combiné de la parallaxe & de la réfraction, on trouve que, pour la hauteur de 47° 33′, & pour 58 de parallaxe horizontale, la correction eſt d'environ 38 minutes; or, ces 38′ étant à ajouter à la hauteur apparente de la lune, la hauteur vraie de cet aſtre eſt 48° 11′; ainſi, en mettant dans notre équation toutes ces données, nous parviendrons à trouver la diſtance vraie.

$\delta = 79° 18'$

$H = 43° 25'$

$h = 47° 33'$

$\frac{H + h + \delta}{2} = 85° 8'$,

$\frac{H + h - \delta}{2} = \frac{H + h + \delta}{2} - 5° 50'$.

Cela poſé, voyons la valeur de φ : nous avons dit que $\varphi = \frac{1}{coſ.\ H \times coſ.\ h}$ $\times (coſ.\ H\ coſ.\ h)\ coſ.\ \frac{1}{2} (H + h + \delta)$

$\times$ *coſ.* $\frac{1}{2}(H + h - \delta)$, c'eſt-à-dire, que φ eſt égal aux complémens arithmétiques des logarithmes *coſinus* des hauteurs apparentes H & *h*, auxquelles il faut ajouter les logarithmes *coſinus* des hauteurs vraies H' & *h'*, plus les logarithmes de la moitié de la ſomme des hauteurs H & *h*, & de la diſtance apparente δ, & de la moitié de la différence entre la diſtance apparente δ & les hauteurs apparentes H & *h*.

Pour ſuivre ce procédé, il faut chercher les logarithmes de ces quantités.

δ	$= 79^\circ\ 18'$		
H	$= 43^\circ\ 25'$	compl. arith. de ſon *coſin.*	0,138839
h	$= 47^\circ\ 33'$	....	0,170731
$\frac{1}{2}(H+h+\delta)$	$= 85^\circ\ 8'$	....	8,998587
$\frac{1}{2}(H+h-\delta)$	$= 5^\circ\ 50'$	....	9,997745
H'	$= 43^\circ\ 24'$	....	9,861280
h'	$= 48^\circ\ 11'$	....	9,823962
ſommes de ces ſix logarithmes $=$ log. φ		....	38,991144

donc logarithme $\sqrt{\varphi} = 19,460572$,

or *ſin.* $\varphi' = \frac{\sqrt{\varphi}}{\textit{coſ.}\ \frac{1}{2}(H'+h')}$ & $\frac{H'+h'}{2} = 45^\circ\ 47'$, donc logarithme *ſinus* $\varphi' = 19,460572 = \sqrt{\varphi}$ moins le logarithme *coſinus* de $\frac{H'+h'}{2} = 45^\circ\ 47 = 9,843465$ ou $9,617107$, donc $\varphi' = 24^\circ\ 28'$, par conſéquent *coſ.* $\varphi' = 9,959138$. Nous avons vu que l'équation qui donne la diſtance-vraie δ', eſt celle-ci : $\textit{ſin.}\ \frac{1}{2}\delta' = \textit{coſ.}\ \frac{1}{2}(H' + h')\ \textit{coſ.}\ \varphi'$. On voit que le rayon multiplie néceſſairement le premier membre de cette équation ; car ſans cela ce ſeroit une ligne qui ſeroit égale à une ſurface ; & le rayon eſt l'unité, par conſéquent $\textit{ſinus}\ \frac{1}{2}\delta'$ $= 9{,}959138 + 9{,}843465 - 10{,}000000$ $= 9{,}802603$, donc $\frac{\delta'}{2} = 39^\circ\ 24'$, donc $\delta' = 78^\circ\ 48'$, c'eſt la diſtance vraie cherchée : il faut maintenant comparer cette diſtance à celle qu'on trouve dans la Connoiſſance des Temps, laquelle eſt copiée de l'Almanach Nautique, & n'eſt pas réduite au méridien de Paris. On trouvera cette diſtance, le 16 Août 1771, à neuf heures du matin, pour le méridien de Londres, de $78^\circ\ 15'\ 28$; & à midi de $79^\circ\ 49'\ 14''$; par conſéquent, en faiſant cette proportion $79^\circ\ 49'\ 14''$ moins $78^\circ\ 15'\ 28''$ eſt à trois heures comme $79^\circ\ 49'\ 14''$ moins $78^\circ\ 48'$ eſt au quatrième terme, qui indiquera l'heure qu'il étoit à Londres lorſque la diſtance de la lune au ſoleil étoit de $78^\circ\ 48'$, c'eſt-à-dire $1^\circ\ 33'\ 46'' : 45^\circ :: 1^\circ\ 1'\ 14'' : x$ ou $x = 9{,}849485 + 8{,}249033 - 8{,}436800 = 9{,}661718 = 27^\circ\ 19'$ ou $1^h\ 49'\ 16''$; par conſéquent il étoit à Londres $10^h\ 10'\ 44''$, lorſqu'on nous avons fait à la mer cette obſervation à 13 heures 22 du ſoleil, ou, ce qui eſt la même choſe, à 5 heures 22 minutes ; ainſi la différence des méridiens, entre le lieu de l'obſervation & Londres, eſt de 5^h 11′ 16″; mais Londres eſt à l'oueſt de Paris de 9′ 41″; donc il ſuit que j'étois à 5^h 20′ 47″ à l'eſt du méridien de Paris, c'eſt-à-dire 80° 12′.

On a des tables, qui ſe nomment logarithmes proportionnels, qui ſervent à faire cette proportion très-exactement & très-promptement. Elles ont été publiées par ordre de la commiſſion des longitudes, dans un volume qui renferme pluſieurs méthodes & tables pour faciliter ces calculs.

Nous n'entrerons pas, ſur cet objet, dans de plus grands détails; on les trouve dans tous les Traités de navigation, & nous ne pourrions que répéter tout ce qui a été dit ſur les moyens de prendre à la mer la latitude & l'heure vraie.

Il n'eſt peut-être pas inutile de faire connoître aux Marins un octant que M. le Marquis de Courtanvaux s'étoit procuré à Londres, qui porte un horizon artificiel fort ingénieux; c'eſt un niveau courbe à bulle d'air peu ſenſible, que l'on voit à travers la partie tranſparente du petit miroir d'un ſextant, par le moyen d'un miroir incliné de quarante - cinq degrés : ce miroir rend l'image du niveau dans une poſition verticale, & l'on voit en même temps, dans le petit miroir, la bulle d'air qui indique le niveau & l'objet réfléchi.

L'appareil que nous nous propoſons d'adapter à l'octant, pour convertir la diſtance apparente en diſtance vraie, pourroit ſans doute remplir le même but que celui de M. le Marquis de Courtanvaux; mais il faudroit, dans ce cas, donner au niveau un grand diamètre, afin de le rendre aſſez ſenſible pour donner la hauteur des aſtres à cinq ou ſix minutes près : le priſme ſerviroit alors à un nouvel uſage, ſon mouvement circulaire procureroit le moyen de mettre facilement dans le même vertical deux étoiles qui en ſeroient peu écartées ; or, deux étoiles qui paſſent par le même vertical, donnent l'heure avec préciſion, lorſqu'elles ſont choiſies dans les poſitions indiquées dans les Livres d'Aſtronomie. Afin de rendre un compte exact de toutes les idées que j'ai eues ſur la meſure des angles, je ferai encore mention d'un moyen qui me paroît pouvoir être employé, avec eſpérance de ſuccès, à vérifier l'influence des grandes maſſes ſur le niveau. Les expériences qui ont été faites ſur ce ſujet, ſont trop connues, pour qu'il ſoit utile d'en entretenir le Lecteur; mais comme il s'agit, dans cette détermination, de la meſure d'un angle fort petit, & d'une eſtimation approchée de la maſſe qui agit, nous penſons qu'un miroir plan, qui prendroit par l'effet de la ſeule peſanteur un niveau parfait, pourroit indiquer d'une manière ſenſible l'influence des marées ſur ce niveau. La ſurface du mercure contenu dans un vaſe d'un grand diamètre, donnera un miroir plan, dont le niveau changera à l'approche d'une maſſe conſidérable; par conſéquent des objets remarquables réfléchis par ce miroir, & obſervés avec un bon téleſcope, ſous l'angle qui eſt le plus convenable, & à une diſtance requiſe, pour que de petites variations, cauſées par des dilatations inégales, n'y cauſent aucune altération ſenſible, paroîtront hauſſer ou baiſſer dans les hautes & baſſes marées; la propriété de la réflexion doublera cet effet; ainſi quand cette déviation ne feroit que de quelques tierces, on s'en appercevroit, ſi le pouvoir

amplifiant

amplifiant du téleſcope eſt conſidérable : quant à l'évaluation de la maſſe, il ſuffit de connoître la configuration des côtes & l'élévation des marées, dans les points principaux, pour parvenir à l'évaluer d'une manière ſuffiſamment approchée, pour rendre ces déterminations concluantes.

Dans le compte que je viens de rendre de mes recherches, ſur la meſure des angles, je me ſuis diſpenſé de décrire pluſieurs eſſais d'inſtrumens que j'ai faits pour meſurer des angles, par le moyen des priſmes de verre, parce que ces deſcriptions particulières ſont moins importantes que la marche que j'ai ſuivie dans mes recherches. D'ailleurs, en montrant, en 1767, combien il eſt avantageux d'employer les priſmes achromatiques de verre, pour rendre l'héliomètre ſuſceptible de meſurer de plus grands angles, que pouvois-je déſirer de plus, que de faire, par une méthode ſûre & facile, des priſmes parfaitement achromatiques, & de rendre leur effet variable ? Or, ce fut au commencement de l'année 1776 que je communiquai mes vûes à l'Académie ſur ce ſujet ; & en imaginant de faire des priſmes à angles variables, par le mouvement circulaire de deux priſmes l'un ſur l'autre, je me procurai le double avantage d'avoir des priſmes parfaitement achromatiques, & d'en varier l'effet à volonté; ce qui donne un degré de préciſion beaucoup plus grand dans la meſure des angles, que l'écart des objectifs, quand même on ſe ſerviroit, comme dans le micromètre objectif, de verres de très-long foyer. Ainſi, dès le 24 Février de l'année 1776, qui eſt le jour où je communiquai mon travail à l'Académie, il ne me reſtoit plus rien à déſirer ſur la meſure des angles, par les priſmes achromatiques de verre; je crus donc devoir porter mes vûes ſur les effets peu connus de la double réfraction, & je fus conduit, en ſuivant la marche dont je viens de rendre compte, à la meſure préciſe de petits angles par l'effet de cette étonnante propriété.

Le Lecteur qui aura bien voulu ſuivre avec attention les divers progrès de mes recherches, depuis l'année 1767, ne ſait peut-être pas, qu'après les Mémoires dont je viens de lui rendre compte, leſquels ont tous été lus aux Aſſemblées particulières ou publiques de l'Académie, & dont les deux premiers, qui ſervent de baſe à tout mon travail, ont été publiés dans mes Opuſcules Mathématiques, imprimés à Breſt en 1768, M. l'Abbé Boſcowich préſenta au Miniſtre de la Marine & à l'Académie un Mémoire dans lequel ce Savant, ſans avoir de notions préciſes de la nature de mes recherches, propoſoit de les perfectionner en ſubſtituant des priſmes de verre ordinaire aux priſmes achromatiques de criſtal de roche & d'Iſlande, que je propoſois d'employer pour la meſure préciſe de très-petits angles. C'étoit préciſément par où j'avois commencé, & M. l'Abbé Boſcowich croyoit ajouter beaucoup à mes idées, en me ramenant, ſans s'en douter, aux premiers élémens qui avoient ſervi de baſe à tout mon travail.

M. l'Abbé Boſcowich avance, qu'*ayant ſu que j'avois fait voir une eſpèce de micromètre, qui, par le mouvement circulaire d'un priſme de criſtal de roche à angles variables, donnoit deux images du même objet, & en changeoit les diſtances, par un mouvement circulaire d'une des deux parties qui le compoſoient, il dit à quelques-uns de ſes amis, & entre autres au célèbre Abbé Fontana, qu'il voyoit bien comment cela ſe faiſoit; mais qu'il y auroit beaucoup plus à gagner, ſi l'on* *rendoit variable la diſtance du priſme au foyer de la lunette ; & il ajouta, que l'on pourroit avoir le même effet ſans la double réfraction du criſtal de roche, en faiſant un verre à priſme ſimple, mais plus petit que l'ouverture de l'objectif.*

Ce paſſage du Mémoire de M. l'Abbé Boſcowich laiſſe voir clairement ſes prétentions ſur la meſure des angles par des priſmes de verre ; il voudroit en même temps prouver qu'il a eu, ainſi que moi, l'idée de faire mouvoir le long de l'axe d'une lunette les priſmes pour en varier l'effet à volonté : mais quoique je ne me permette aucune diſcuſſion, ni aucune réflexion entre l'aſſertion de ce Savant, & les certificats que je mets en note (1) ſous les

---

(1) *Certificat de M. de Fontana.*

Moi, ſouſſigné, certifie, comme étant la pure vérité, qu'auparavant que M. Turgot, Miniſtre d'Etat, me parlât de l'uſage que faiſoit M. l'Abbé Rochon de la double réfraction, occaſionnée par le criſtal de roche, pour meſurer des angles, je n'avois jamais rien lu ni entendu dire ſur cette matière ; que M. Turgot ayant bien voulu me permettre d'aſſiſter à diverſes expériences faites à ce ſujet en ſa maiſon par M. l'Abbé Rochon, & auxquelles furent de même préſens MM. le Marquis de Condorcet, & Deſmarets, je les trouvai abſolument neuves, ingénieuſes, & utiles. Quelque temps après, M. Turgot me dit que M. l'Abbé Rochon lui avoit montré une lunette, avec laquelle il pouvoit meſurer les angles à une ſeconde près de préciſion, & même plus, en faiſant mouvoir au dedans de cette lunette le micromètre de criſtal de roche, fait ſur yeux du Lecteur, j'obſerverai, 1°. que le mouvement circulaire des deux priſmes de criſtal de roche donne quatre images du même objet ; ainſi M. l'Abbé Boſcowich eſt viſiblement dans l'erreur, lorſqu'il dit que le mouvement circulaire de priſmes de criſtal de roche me donnoit deux images du même objet, dont je pouvois varier les diſtances à volonté.

ſes principes, c'eſt-à-dire en l'approchant ou l'éloignant de l'objectif. Ayant eu occaſion, par la ſuite, de parler des découvertes phyſiques avec M l'Abbé Boſcowich, je lui communiquai celles de M. l'Abbé Rochon, comme étant déjà très-connues à Paris ; M. l'Abbé Boſcowich me dit qu'il avoit eu des idées analogues à celles-là, & que M. de la Lande (*) lui avoit déjà parlé des découvertes de M. l'Abbé Rochon, & de ce que ce dernier avoit lu à l'Académie des Sciences ſur cette matière. Paris le 19 Mai 1777. *Signé* FÉLIX FONTANA, Phyſicien de Son Alteſſe Royale le Grand Duc de Toſcane, & Directeur de ſon Cabinet d'Hiſtoire Naturelle.

(*) *Certificat de M. de la Lande, ſur la conteſtation qui s'eſt élevée au ſujet d'une découverte de M. l'Abbé Rochon.*

L'Académie m'ayant interpellé de m'expliquer ſur ce qui s'eſt paſſé entre M. Boſcowich & moi à ce ſujet, je déclare que je n'avois point entendu parler à M. l'Abbé Boſcowich, ni à qui que ce fût, de l'idée ingénieuſe de faire mouvoir un priſme le long de l'axe d'une lunette, ni de faire mouvoir un priſme circulaire, lorſque M. l'Abbé Rochon a préſenté cette découverte à l'Académie ; & que lorſque j'en ai parlé à M. l'Abbé Boſcowich, il ne m'a point dit qu'il eût eu cette idée. Fait à Paris, le 28 Mai 1777. *Signé* DE LA LANDE, de l'Académie des Sciences.

2°. C'eſt, comme on l'a déjà vu, l'embarras des quatre images qui m'a engagé de chercher une autre conſtruction, recherche qui m'a conduit à la découverte du mouvement d'un ſeul priſme achromatique de criſtal de roche, le long de l'axe d'une lunette, pour varier l'écart des deux images à volonté. M. l'Abbé Boſcowich, qui ne voit, dans le mouvement circulaire, que deux images, ne peut par conſéquent avoir eu aucun intérêt de chercher une autre conſtruction; car il eſt impoſſible d'en trouver une plus favorable pour la meſure des angles, lorſqu'on veut employer des priſmes de verre ordinaire. Cependant ce Savant nous apprend que dès qu'on lui parla de l'uſage que je faiſois du mouvement circulaire pour varier l'effet de la double réfraction, il vit ſur le champ qu'il ſeroit plus avantageux de rendre variable la diſtance du priſme au foyer de la lunette. Voilà, je l'avoue, une marche bien rapide; la mienne a été beaucoup plus lente, mais en même temps peut-être plus réfléchie; car c'eſt le 25 Janvier 1777 que je préſentai à l'Académie le premier micromètre, qui, par le mouvement circulaire, varioit l'effet de la double réfraction; &

ce ne fut que le 26 Février que je fis connoître le ſecond micromètre, qui rempliſſoit le même but, par le mouvement d'un priſme achromatique de criſtal de roche le long de l'axe d'une lunette. Quoique ces deux conſtructions fuſſent approuvées de l'Académie aux deux époques que je viens de rapporter, on jugea qu'il ſeroit utile qu'elles fuſſent connues plus particuliérement du Public ; c'eſt pourquoi je lus, le 9 Avril, à l'Aſſemblée publique de l'Académie, un précis de mes recherches, dans lequel on trouve non ſeulement la deſcription de mes deux nouveaux micromètres, mais encore un moyen d'employer les priſmes de verre à la meſure de plus grands angles : ainſi le Mémoire de M. l'Abbé Boſcovich n'ayant été préſenté au Miniſtre de la Marine que le 7 Mai de la même année, & lu à l'Académie le 16 du même mois, il étoit impoſſible que ce Savant pût avoir des droits ſur mes recherches, quand même il auroit eu des notions plus préciſes de mon travail ; il ne paroît ſans doute pas qu'il ait eu la plus légère prétention, ni ſur l'uſage que je faiſois de la double réfraction pour meſurer les petits angles, ni ſur la découverte du mouvement circulaire; & quant au mouvement du priſme le long de l'axe de la lunette pour en varier l'effet, *il annonce vaguement qu'il a eu la même idée, en ajoutant que j'avois le mérite d'avoir imaginé ce mouvement dans le même temps, & peut-être avant lui, & ſans avoir eu aucune connoiſſance de ſes idées ſur le même objet, de l'avoir annoncé le premier au Public, de l'avoir exécuté, & de m'en être ſervi le premier; il ajoute qu'il n'a rien à prétendre de ce côté-là, & que l'Aſtronomie m'en a toute l'obligation.*

Mais après cette déclaration, M. l'Abbé Boſcowich forme, ſur les premiers élémens qui ont ſervi de baſe à mon travail, des prétentions qui m'ont forcé de demander à l'Académie des Commiſſaires pour juger nos droits reſpectifs; leur rapport, qui ſe trouve imprimé à la page XIII des Extraits des Regiſtres, prouve combien les prétentions de ce Savant ſont peu fondées.

En effet, voici comme M. Boſcowich s'exprime : *Mais M. l'Abbé Rochon n'a employé pour ſon micromètre que la double réfraction du criſtal de roche, & on m'a aſſuré qu'il a dit que ſon priſme ne pouvoit lui donner que juſqu'à ſix degrés...., Ainſi, je crois rendre un ſervice encore* *plus conſidérable, en propoſant cette autre eſpèce de micromètre à verre ſimple, en développant ſa théorie, en l'étendant aux angles beaucoup plus grands, ce qui donne le moyen de l'appliquer auſſi aux inſtrumens d'Optique, què la Marine doit employer les latitudes & longitudes géographiques.*

Il eſt donc évident que M. l'Abbé Boſcowich croit avoir perfectionné mes recherches, en ſubſtituant aux priſmes de criſtal de roche les priſmes de verre : or, cette prétention eſt d'autant moins fondée, que c'eſt l'application des priſmes de verre à la meſure des angles qui m'a conduit par degré à mes deux micromètres de criſtal de roche. D'ailleurs j'ai donné le moyen d'employer les priſmes de verre à la meſure des angles dans mes Opuſcules Mathématiques, imprimés à Breſt en 1768 ; & afin de faire voir au Public que je n'avois pas perdu cet objet de vue, j'ai décrit, dans le Mémoire lu à l'Aſſemblée publique de l'Académie du 9 Avril, l'inſtrument de ce genre qui me paroiſſoit le plus propre à remplir le but que je me propoſois. Il faut donc que M. l'Abbé Boſcowich n'ait pas connu mes Opuſcules Mathématiques, & ait pris des informations bien vagues de mon Mémoire du 9 Avril, pour avoir été perſuadé que je n'avois traité que des priſmes de criſtal de roche, tandis que l'objet principal de ce Mémoire regardoit le moyen d'employer les priſmes des verres à la meſure de plus grands angles. Il eſt vrai que je n'ai pas propoſé de les faire ſervir à la détermination de la latitude, je ſuis trop éloigné de penſer qu'on puiſſe parvenir à les étendre à des angles aſſez grands pour obtenir une pareille détermination.

Mais mon deſſein n'étant pas de relever les erreurs qui ſe trouvent dans le Mémoire de ce Savant, quand elles n'ont aucun rapport avec mon travail, je dois me borner aux faits qui me concernent. M. l'Abbé Boſcowich me fait dire dans ſon Mémoire, que la double réfraction du criſtal de roche, qui n'eſt que de quelques minutes, me ſert à meſurer des angles de ſix degrés. Une aſſertion, qui s'accorde ſi peu avec les effets de la double réfraction du criſtal de roche, a dû ſurprendre les Savans, qui ne connoiſſent mes recherches que par le Mémoire de M. Boſcowich; j'ai fait, à la vérité, mention d'une réfraction de ſix degrés; mais cette réfraction regardoit les priſmes de verre ordinaire,

& non pas, comme M. Boſcowich l'a cru, les effets de la double réfraction du criſtal de roche. Au reſte, le Public va être notre juge, & au lieu d'une diſcuſſion détaillée du Mémoire de M. l'Abbé Boſcowich, je vais mettre ſous les yeux du Lecteur, le Mémoire même de ce Savant, tel qu'il a été lu à l'Académie des Sciences, & tel qu'il eſt imprimé dans les Tranſactions Philoſophiques. Si, après le rapport des Commiſſaires de l'Académie, M. Boſcowich avoit ſupprimé ſon Mémoire, comme j'avois lieu de l'eſpérer, j'aurois gardé ſur ce ſujet le ſilence le plus abſolu ; mais il a adreſſé ſon Mémoire à la Société Royale de Londres, pour être imprimé dans les Tranſactions Philoſophiques. Ce Mémoire a excité des réclamations de la part d'un Savant d'un mérite diſtingué ; je crois devoir en conſéquence publier la traduction de ce Mémoire, en aſſurant M. Maskeline, Directeur de l'Obſervatoire de Greenwich, qui en eſt l'Auteur, que je ſerois toujours fort flatté d'avoir des idées analogues aux ſiennes ; mais je ſuis perſuadé que ce ſavant Aſtronome verra, par les dates de mes Mémoires & par la nature de mes recherches, qu'elles ſont fort différentes & très - antérieures aux ſiennes. D'ailleurs, il eſt palpable que M. Maſkeline n'a pas pu connoître, ni la marche que j'ai ſuivie, ni les Mémoires que j'ai publiés, par l'extrait que M. l'Abbé Boſcowich en donne dans l'écrit lu à la Société Royale de Londres.

MÉMOIRE

SUR un nouveau Micromètre & Mégamètre, préſenté à M. de Sartine, par M. l'Abbé Boſcowich, Directeur d'Optique pour la Marine, à ſon audience du 7 Mai 1777.

(*Donné à l'Académie le 10, & lu le 16 du même mois*).

QUAND j'ai ſu que M. l'Abbé Rochon avoit fait voir une eſpèce de micromètre, qui, par le mouvement d'un priſme de criſtal de roche à angles variables, donnoit deux images du même objet, & en changeoit les diſtances par un mouvement circulaire d'une des deux parties qui le compoſoient, je dis à quelqu'un de mes amis, & entre autres au célèbre Abbé Fontana, que je voyois bien comment cela ſe faiſoit; mais qu'il y auroit beaucoup plus à gagner, ſi l'on rendoit variable la diſtance du priſme au foyer de la lunette : j'ai ajouté que l'on pouvoit avoir le même effet, ſans la double réfraction du criſtal de roche, en faiſant un priſme à verre ſimple, mais plus petit que l'ouverture de l'objectif. Les rayons qui paſſent par le priſme formeront une image déplacée de ſa poſition naturelle; & les autres, qui paſſeront dehors, donneront l'autre image à la même place qu'elle auroit ſi le priſme n'y étoit pas.

Quelques jours après, on a annoncé à M. de Fontana que l'Abbé Rochon avoit imaginé un autre micromètre à priſme de criſtal de roche, qui, s'approchant plus ou moins du foyer de l'objectif, avoit l'avantage de produire un effet très-grand, & de pouvoir être achromatique; qu'ayant fait exécuter ſon inſtrument, & fait avec lui pluſieurs obſervations, il avoit préparé un Mémoire ſur cet objet, pour lire à la prochaine ſéance de l'Académie.

M. l'Abbé Fontana eut la bonté de m'en avertir immédiatement; ce fut pour lors que je lui répétai ce que j'avois eu l'honneur de lui dire la première fois, ſur l'effet de ce micromètre, en y ajoutant la meſure préciſe de l'échelle pour la meſure du même effet, & la facilité d'obtenir la même choſe, ſans le criſtal de roche, avec d'autres avantages que l'on pouvoit tirer des priſmes à verre ſimple, ne couvrant pas toute l'ouverture de l'objectif, &, entre autres, celui de pouvoir meſurer, par ce moyen, des angles beaucoup plus grands que par la double réfraction du criſtal de roche.

M. l'Abbé Rochon a réellement lu à l'Académie ſon Mémoire, & on en a fait mention dans les Gazettes; ainſi il a le mérite d'avoir imaginé la même choſe dans le même temps, & peut-être avant moi, & abſolument ſans avoir eu aucune connoiſſance de mes idées ſur le même objet; de l'avoir annoncé le premier au Public, de l'avoir exécuté, & de s'en être ſervi le premier: ainſi je n'ai rien à prétendre de ce côté-là; il a le mérite d'une belle découverte, & l'Aſtronomie lui en aura toute l'obligation: mais M. l'Abbé Rochon n'a employé pour ſon micromètre que la double réfraction du criſtal de roche, & on m'a aſſuré qu'il a dit que ſon priſme ne pouvoit lui donner que juſqu'à ſix degrés; on ſait bien que les pièces aſſez grandes de cette matière & aſſez pures ſont très-rares; outre la difficulté de la travailler, étant plus dure que le verre, & quelle attention il faut pour la bien couper, afin d'avoir la différence des deux réfractions que l'on veut; ainſi je crois rendre un ſervice encore plus conſidérable, en propoſant cette autre eſpèce de micromètre à verre ſimple, en développant ſa théorie, en l'étendant aux angles beaucoup plus grands, ce qui donne le moyen de l'appliquer auſſi aux inſtrumens d'Optique, que la Marine doit employer pour obſerver les latitudes & longitudes géographiques ; j'avois déjà fait faire un priſme de cette eſpèce, en faiſant voir au même Abbé Fontana ſon effet pour la double image du ſoleil, ſur ſon excellente petite lunette achromatique. On avoit les deux images, en l'appliquant à la main ſur l'objectif, de manière qu'il n'en couvroit que la moitié ; en le pouſſant plus ou moins avant, on changeoit la vivacité de la lumière des deux images, d'où l'on voyoit qu'on pouvoit les réduire à une clarté égale. En variant l'inclinaiſon de cette pièce, on varioit la diſtance des deux images, qui n'avoit aucune variation ; en changeant hors de la lunette ſa diſtance à l'objectif, cette pièce étoit un ſeul priſme ſimple, qui donnoit une réfraction un peu plus grande que le diamètre apparent du ſoleil ; j'y ai fait ajouter après un autre ſemblable & égal, l'un & l'autre ayant les baſes circulaires : en tournant ſur ſon axe l'une des deux parties, on varie l'angle depuis zéro juſqu'au double de chacun en particulier, ce qui fait approcher ou éloigner les deux images entre elles ; on obtient une variation beaucoup plus lente par l'éloignement plus grand ou plus petit du priſme à l'objectif ; mais il y a une raiſon particulière, pour laquelle on ne peut pas lui en donner un trop grand ; car le rétréciſſement du pinceau des rayons appartenant à chaque point de l'objet, ne permet pas de l'en éloigner trop, ce qui, vers le milieu du champ, affoibliroit trop l'image directe, en interceptant une trop grande partie du même pinceau, & à la fin la feroit perdre totalement.

Je fais faire actuellement une machine groſſière, dans laquelle on peut tourner une des deux pièces à la main ſur ſon axe, pour réduire la diſtance des deux images un peu plus grande que celle que l'on veut meſurer, comme du diamètre du ſoleil, & à l'aide d'une vis de rappel, on peut éloigner le priſme, ainſi compoſé, de l'objectif par un mouvement ſemblable à celui du petit miroir des téleſcopes.

Je l'ai fait adapter à ma lunette ordinaire de près de quatre pieds, où ſon effet, pour le diamètre du ſoleil, doit être de beaucoup plus d'un pouce de mouvement par minute; & pour les autres planètes, on peut avoir dix ou quinze lignes par ſecondes & plus encore; généralement l'échelle eſt toute la longueur de la lunette, pour la réfraction totale du priſme; ce qui eſt le même pour la différence des deux réfractions dans le priſme de M. l'Abbé Rochon; mais on peut varier l'angle, en appliquant le priſme hors de la lunette à côté de l'objectif, & faiſant tourner une des deux parties ſur ſon axe; alors l'échelle de l'excès, que la ſomme des réfractions des deux parties du priſme a ſur la différence, n'aura pour ſa longueur que la demi-circonférence d'un cercle, quoiqu'on puiſſe faire ce cercle auſſi grand que l'on veut; mais la différence de la diſtance des images ne ſera pas proportionnelle à la différence des arcs parcourus par l'index. Pour déterminer la relation du mouvement de l'index avec la variation de la diſtance des deux images, il faut réſoudre un problême de Géométrie, & j'en ai la ſolution bien ſimple, par la trigonométrie ſphérique; mais il vaudra toujours beaucoup mieux déterminer ce rapport par une obſervation actuelle terreſtre, d'une règle diviſée & obſervée à une diſtance donnée.

Quand il s'agit d'un grand angle, on auroit des couleurs qui déformeroient beaucoup une des deux images de l'objet, c'eſt-à-dire celle qui eſt donnée par les rayons paſſés à travers du priſme; on les évite aiſément, au moins en grande partie, en compoſant chaque priſme de deux pièces, une de verre commun, & l'autre de flintglaſſ. On peut multiplier les priſmes compoſés achromatiques, & à angles variables, en faiſant que l'un donne les degrés de cinq en cinq, ou de deux en deux, & l'autre les minutes; on peut en mettre deux dehors, près de l'objectif, qui changeront la diſtance des images par le mouvement circulaire, & donneront l'angle cherché un peu plus grand que le véritable, & un autre dedans, qui donnera avec préciſion les ſecondes. J'ai déjà imaginé les inſtrumens néceſſaires pour avoir avec exactitude tous ces objets, comme auſſi pour l'application d'un priſme variable à l'octant de Marine ordinaire; ayant auſſi la ſolution des problêmes néceſſaires, tout cela ſera l'objet d'un Ouvrage que je prépare ſur cette matière.

En attendant, je publierai dans les différens Journaux, ce Proſpectus, pour donner plus tôt à tout le monde le moyen d'imaginer, ſur la forme mécanique des inſtrumens, quelque choſe de mieux que ce qui m'eſt venu dans l'eſprit ſur ce ſujet nouveau & bien intéreſſant.

Le rapport du Mémoire de M. l'Abbé Boſcowich, a été fait à l'Académie le 23 Août 1777. Voyez page 13 des Extraits.

MICROMÈTRE PRISMATIQUE,

Ou nouvel Inſtrument pour meſurer les petits angles, inventé en 1776, par le Révérend Nicolas Maskeline, de la Société Royale des Sciences de Londres, & Aſtronome du Roi; dont la deſcription a été lue en la Société Royale des Sciences en 1777, & imprimée en Anglois en 1778 dans les Tranſactions Philoſophiques.

L'INVENTION du micromètre à fil, au moyen duquel on peut meſurer avec préciſion les différences des aſcenſions droites & des déclinaiſons, eſt d'une utilité & d'une commodité reconnues dans l'Aſtronomie. Le micromère objectif, ingénieuſement imaginé, & conſtruit par le célèbre Savery, que défunt M. Dollond a adapté aux téleſcopes Neutoniens & Grégoriens, & M. Pierre Dollond d'aujourd'hui aux tubes achromatiques, n'eſt pas moins commode. Mais quoique ce dernier micromètre doive être très eſtimé par ſa grande utilité, on y remarque néanmoins quelques défauts, qui ſont cauſés par la variation du foyer de la lentille oculaire, au moyen de laquelle le même angle peut, en divers temps, être repréſenté ſous diverſes grandeurs.

Dans le diamètre du ſoleil, par exemple, lorſque les axes des cônes de lumière, qui, par la double ſection du micromètre objectif, partant des limbes oppoſés du ſoleil, viennent ſe couper au foyer du téleſcope ; alors le contact apparent des limbes du ſoleil ne peut être apperçu, à moins que la conformation de l'œil ne ſoit telle que les objets ſitués au point d'interſection puiſſent être diſtinctement remarqués. Si l'œil eſt conformé de façon qu'il apperçoive diſtinctement les objets plus près du verre objectif que du point d'interſection, alors les limbes du ſoleil paroîtront éloignés l'un de l'autre d'une diſtance égale des axes des cônes de lumière dans ce même point. Enfin, ſi l'œil voit diſtinctement les objets dans une plus grande diſtance du verre objectif que le point d'interſection, alors on verra les limbes du ſoleil ſe couper ; & cette interſection formera un angle égal à celle des axes, qui ſe coupent au même lieu.

Soient dans la figure I, O & V, les centres du micromètre objectif ; l'angle *o*, *a*, *v* ſoit égal au diamètre du ſoleil ; *a* ſoit le point d'interſection des cônes de lumière, partant des limbes oppoſés du ſoleil ; O *a* & V *a* ſoient les axes de ces cônes, & ſoit *d* le verre oculaire : il eſt évident que ſi le verre oculaire eſt placé de façon qu'on apperçoive diſtinctement les objets ſitués au point *a*, alors on verra non ſeulement les rayons *o a* & *v a* ſe toucher exactement, mais encore tous les autres rayons qui forment ces cônes de lumière. Si la configuration de l'œil vient à varier, la diſtance du verre oculaire au foyer reſtant toujours la même, l'œil, dans cette ſituation, ne verra plus diſtinctement les objets au point *a* ; mais il les verra en *e f*, ou en *f e*, plus près ou plus loin du verre objectif, & la même image des objets ſe trouvera défigurée dans la rétine de l'œil ainſi conformé, telle qu'elle ſera plus confuſément tracée ſur les plans *e f*, ou *f e*, perpendiculaires aux rayons. C'eſt pourquoi, comme les deux cônes de rayons *b*, *o*, *a*, & *c*, *v*, *a*, qui ſont formés dans ce point par les demi-cercles du verre objectif coupé en deux, ſont diſtans entre eux de l'intervalle *e f*, ou ſe coupent dans le même intervalle ; de même les images ſolaires ſeront vues ou en contact ou ſans contact récriproquement. L'erreur qui ſe trouve dans la meſure du ſoleil eſt donc égale à l'angle *e*, *r*, *f*, attendu que la ligne *ef* eſt la corde de l'angle *r*, qui fait le point intermédiaire entre O & V, & eſt en raiſon à l'angle *e*, *a*, *f*, ou *o*, *a*, *v*, qui repréſente le diamètre du ſoleil ; comme *ae* eſt à *er* ou *ar* ; car *ae*, comparé à *ar*, eſt aſſez petit pour qu'on puiſſe le négliger.

Pour garantir le micromètre de ce défaut, j'ai cherché de trouver un moyen, par lequel les deux images du ſoleil, ou de tout autre objet quelconque, ſeroient formées de ſorte que les axes des cônes de lumière vinſſent du même point, ou d'autres points qui en ſeroient très-proches ; & j'ai imaginé qu'un priſme, placé de manière qu'une partie des rayons d'un objet quelconque, tombant ſur le verre objectif, ſeroit interceptée par ce priſme, ou avant de parvenir au verre objectif, ou après en avoir été réfractée, produiroit cet effet. Si le priſme eſt placé devant le verre objectif, alors les rayons, qui ſont réfractés, en paſſant par le priſme, font avec les rayons, qui, paſſant par les côtés, derrière le priſme, tombent ſur le verre objectif, un angle de réfraction égal à l'angle de réfraction du même priſme ; leſquels rayons, paſſant ainſi par le priſme, & tombant ſur le verre objectif, ne changent point l'angle de réfraction, mais le conſervent toujours dans le même état : d'où il arrive qu'il ſe forme deux images du même objet, & qu'on peut avoir par-là un moyen de meſurer le diamètre apparent d'un objet quelconque, qui ſoit égal à l'angle de réfraction du priſme.

Si, au contraire, le priſme eſt placé de façon que le verre objectif ſoit intermédiaire entre l'objet d'où partent les rayons & entre le priſme, c'eſt-à-dire, ſi le priſme ſe trouve dans une diſtance quelconque entre le foyer du verre objectif & du verre oculaire, alors l'angle de réfraction du priſme variera ſelon la raiſon des diſtances du priſme au foyer du verre objectif ; car cette réfraction ſera à celle du priſme, comme la diſtance du priſme au foyer de l'objectif eſt à la longueur du foyer de l'objectif.

Soit dans la figure II. A, C, B, le verre objectif, ſoit *d* le verre oculaire du tube ou du téleſcope ; ſoit P R un priſme placé devant le verre objectif, ſur lequel tombent les rayons d'un objet quelconque, du ſoleil ; par exemple, avant que de parvenir au verre objectif, les rayons E E, venant du limbe oriental du ſoleil, & paſſant par le verre objectif ſans paſſer par le priſme, ſont réfractés, & forment une image au point qui leur correſpond : de même les rayons W W, partant du limbe occidental du ſoleil, forment après la réfraction leur image au point W ; mais les rayons 2 E, 2 E, 2 W, 2 W, qui partent, de la même manière, des limbes oriental & occidental du ſoleil, & tombant ſur le priſme P R, y ſont réfractés, forment, après une ſeconde réfraction, qu'ils ont ſubie en paſſant par le verre objectif A, C, B, leurs images aux points 2 E, 2 W, qui leur ſont correſpondans. Que ſi l'angle de réfraction du priſme eſt égal au diamètre du ſoleil, à quelque diſtance qu'on place le priſme devant le verre objectif, les deux images ſolaires W *e*, & 2 W, 2 *e* ſe toucheront toujours exactement au même point *e*, 2 W ; parce que, comme les rayons du limbe occidental 2 W, 2 W forment avec les rayons du limbe oriental E E un angle égal au diamètre du ſoleil, il eſt néceſſaire que les rayons du limbe occidental, étant parallèles avec les rayons E E, après avoir ſouffert une réfraction ſous un angle égal au diamètre du ſoleil, en paſſant par le priſme, tombent ſur le verre objectif, & forment avec les rayons du limbe oriental un ſeul foyer au point *e* : d'où il réſulte que les deux images ſolaires W *e*, 2 W 2 *e* doivent ſe toucher extérieurement au point *e* 2 W, & que cet inſtrument meſurera l'angle *e c*, 2 W ; mais cet angle ſeulement, & nul autre, qui ſeroit plus grand ou plus petit que le diamètre du ſoleil.

Si on place le priſme dans le tube, entre le foyer du verre objectif ; alors l'angle, meſuré par cet inſtrument, eſt à l'angle de réfraction du priſme, comme la diſtance du priſme au foyer de l'objectif eſt à toute la longueur du foyer du verre objectif : mais ſi l'on place deux priſmes, par leſquels les angles oppoſés ſont mutuellement réfractés, comme on le voit dans les figures III & IV ; alors l'angle meſuré eſt à la ſomme des angles réfractés dans l'un & l'autre priſme, comme leur diſtance du foyer du verre objectif eſt à la longueur de ce même foyer.

Soit dans la figure III, A, C, B, le verre objectif, ſoit *d* la lentille oculaire du tube, PR & PS ſoient deux priſmes, dont les angles de réfraction ſoient oppoſés entre eux, & qui ſe touchent à l'interſection de leurs plans réfringens : alors les rayons qui partent d'un objet quelconque, du ſoleil, par exemple, & ſont réfractés en paſſant par le verre objectif, tendent à former leur image au foyer de ce verre ; mais une partie de ces rayons, tombant ſur l'un & l'autre priſme, y ſubiſſent une double réfraction, de façon qu'ils forment deux images contraires W *e* & 2 W 2 *e*, leſquelles, ſi l'angle de réfraction des priſmes eſt ainſi ordonné, ſe toucheront extérieurement au point 2 W.

Que ECN ſoit l'axe du cône de lumière EE, partant du limbe oriental du ſoleil, & WCO l'axe du cône de lumière WW, partant du limbe occidental du ſoleil; ſoit N le point où ſe peint l'image du limbe oriental du ſoleil, ſoit O celui où l'image du limbe occidental eſt tracée; ſi, ſans les priſmes, les rayons étoient ſeulement réfractés par le verre objectif. Mais comme alors une partie des rayons EE, tendant vers N, tombent ſur le priſme PR, & y éprouvent une nouvelle réfraction, qui fait que l'image du limbe oriental du ſoleil eſt tracée en *e*; de l'autre côté, l'autre partie des rayons EE, tombant ſur le ſecond priſme RS, y ſubit également une nouvelle réfraction, & trace ſon image au point 2 *e*.

De la même manière, les rayons du limbe occidental du ſoleil, qui, ſans la réfraction du priſme RS, euſſent formé leur image au point O, tombent ſur le priſme RS, & y ſont réfractés au point 2 W, de ſorte qu'ils ſe rencontrent au point *e* du limbe oriental du ſoleil, tandis que l'autre partie des rayons WW eſt réfractée par le priſme PR au point W.

Suppoſons donc que les deux images du ſoleil W*e* & 2 W 2 *e* ſe touchent extérieurement au point *e* 2 W, le rayon EFR, qui a pour axe ECN, & qui eſt réfracté par le priſme P, R en *e*, a ſubi la réfraction

NRE ; & parce que plus les angles ſont petits, plus ils apprchoent de la raiſon des ſinus, le ſinus NRC eſt égal au complément de l'angle NRC ; c'eſt pourquoi cette réfraction eſt à NRC, comme NC ou *ce* eſt à NR ou R*e*.

Pareillement la ligne OR*e*, qui repréſente la réfraction du rayon WGR appartenant à l'axe WCO, après avoir paſſé par le priſme RS, eſt réfractée au point 2W, ou au point *e* : cette ligne (dis-je) eſt alors à OC*e*, comme OC ou C*e* eſt à R*o* ou R*e*. Donc ORN, ou la ſomme OR*e* & NR*e*, eſt à OCN, ſomme des angles OC*e* & NC*e* ; ou, ce qui eſt la même choſe, au diamètre apparent du ſoleil, comme C*e* eſt à R*e* ; c'eſt-à-dire comme la longueur du foyer du verre objectif eſt à la diſtance du priſme au même foyer.

Si les priſmes ſont placés, comme dans la figure IV, de façon que les angles de réfraction ſoient oppoſés entre eux ; alors il arrivera que les images du ſoleil ON ſeront réfractées par le priſme PR vers W*e*, & par le priſme RS elles ſeront réfractées des points ON vers les points 2W 2*e* ; & alors ces deux images 2W, 2*e* & W*e* ſe toucheront réciproquement au point 2*e*W.

Que ECN & WCO ſoient, comme ci-devant, les axes des rayons de lumière, qui partent des extrémités des limbes du ſoleil ; que NO ſoient les deux points auxquels les deux images des limbes, tant oriental qu'occidental du ſoleil, viendront ſe peindre, après avoir paſſé par le verre objectif, s'il n'y avoit pas de priſme qui leur occaſionnât une double réfraction ; alors le rayon EFR, qui appartient à l'axe EGN, & qui eſt réfracté vers 2*e*, en paſſant par le priſme RS, ſubit la réfraction NR 2*e*, & le rayon WGR, qui appartient à l'axe WCO, étant réfracté par le priſme PR vers W, ſubit la réfraction ORW. Or, NC 2*e* eſt à NR 2*e*, comme RW eſt à CW ; donc l'angle meſuré OCN eſt à ORN, ſomme des angles réfractés, comme RW eſt à CW, c'eſt-à-dire, comme la diſtance du priſme au foyer de l'objectif eſt à la longueur du foyer du même objectif.

Si les priſmes ſont placés comme dans la figure III, alors le point *e* de l'image W *e* eſt ſeulement formé des rayons qui ſont entre A & F, & le point 2 W eſt ſeulement formé par les rayons qui ſont entre B & G, & qui tombent ſur le verre objectif. Or, comme les angles C R F & C R G ſont égaux à la réfraction des priſmes, & par-là même toujours invariables & conſtans, les eſpaces E C & O G croiſſent comme les diſtances R F & R G augmentent; au contraire, A F & G B diminu[illegible] dans la même proportion. C'eſt pourquoi l'une & l'autre image eſt formée au point *e* 2 W du commun contact, par la moitié des rayons qui tombent ſur le verre objectif; en ſuppoſant toutefois, que les priſmes ſont placés dans une ſituation convenable, reſpectivement au verre objectif, & ces images recevront d'autant moins de lumière, que les priſmes ſeront placés plus près du même verre.

Si, au contraire, on place les priſmes comme dans la figure IV, alors les images des objets ſont d'autant plus éclairés par la moitié de la lumière des rayons qui tombent ſur le verre objectif, que ces priſmes ſont placés plus près du foyer de ce même verre au point 2 *e* W; & l'on aura la plus grande lumière poſſible, ſi l'on place les priſmes au foyer même du verre objectif; parce qu'alors le point 2 *e* de l'image 2 W 2 *e*, eſt éclairé par tous les rayons E E, qui tombent ſur le verre objectif, entre les points B & F; & de même, le point W de l'image W *e* ſera éclairé par tous les rayons W W, qui paſſent entre les points A & G, & tombent ſur le verre objectif. Cette différence de lumière eſt très-petite dans les tubes achromatiques, à cauſe de la grande ouverture du verre objectif; parce que F G, lorſqu'il eſt très-grand, eſt à la longueur du foyer de l'objectif, comme la ſomme des réfractions des ſinus de l'un & de l'autre priſme eſt au rayon.

Il reſte encore une troiſième manière de placer les priſmes, & c'eſt celle qu'on doit regarder comme la meilleure. Elle conſiſte à les arranger de façon qu'ils ſe joignent dans toute la longueur de leurs côtés, de ſorte que l'interſection commune des plans réfringens forme un angle droit. Par cette manière de placer les priſmes, les images des objets ſont toujours éclairées par la moitié des rayons, qui tombent ſur le verre objectif, à quelque diſtance que les priſmes ſoient placés du foyer du verre objectif.

Il réſulte de tout ce qui vient d'être dit, que, par le moyen de cet inſtrument, à qui on peut donner le nom de *Micromètre priſmatique*, on peut meſurer tous les angles qui n'excèdent pas la ſomme des angles des réfractions des priſmes, à l'exception toutefois des angles extrêmement petits, parce que les cônes de lumière diſparoiſſent, lorſque les priſmes ſont placés trop proche du foyer du verre objectif (1). On y trouve encore cet avantage, que cet inſtrument donne une échelle très-étendue pour la meſure des angles; c'eſt-à-dire toute la longueur du foyer du verre objectif. D'ailleurs, cet inſtrument eſt toujours conſtant dans ſa ſituation, parce que le point O du commencement de diviſion de l'échelle ſe trouve toujours au foyer du verre objectif, lequel eſt toujours un point fixe & ſtable en Aſtronomie, pour les objets céleſtes. Quant aux objets terreſtres, il peut être facilement déterminé; car il eſt ſeulement néceſſaire de trouver la grandeur de l'échelle, ou de trouver par la valeur de l'échelle la diſtance des priſmes au foyer du verre objectif; ce qu'on obtient facilement, lorſque l'inſtrument eſt dirigé pour appercevoir le diamètre apparent d'un objet quelconque qu'on veut meſurer, & duquel objet on connoît par d'autres dimenſions l'angle ſous lequel il eſt vu. On connoît, par exemple, par la dimenſion de la diſtance & du diamètre d'un objet quelconque, priſe par le moyen des micromètres à fil, que l'angle ſous lequel l'objet eſt vu, eſt à l'objet céleſte ou tout autre objet terreſtre placé à une extrême diſtance, comme la vraie longueur du foyer du verre objectif eſt au foyer prolongé, qui a été connu dans l'obſervation de l'objet moins éloigné, pourvu toutefois que la différence actuelle des priſmes au foyer du verre objectif, ſoit la même dans l'obſervation de l'objet terreſtre, qu'elle étoit dans l'obſervation des objets céleſtes du vrai point du foyer du verre objectif.

---

(1) Mon micromètre n'a pas dans cette conſtruction ce défaut, qui eſt fort grand; au contraire, il meſure les plus petits angles avec une extrême préciſion.

Je penſe que, pour l'uſage de cet inſtrument, il ſeroit plus avantageux d'y appliquer deux priſmes qu'un ſeul; leſquels deux priſmes réfractant les rayons d'une manière oppoſée, il en réſulteroit que cette réfraction ſeroit diviſée entre ces priſmes, comme dans les figures III & IV. Les priſmes achromatiques, qu'on conſtruit avec deux verres d'une différente réfrangibilité, qu'on appelle en Anglois *Flint & Crownglas*, combinés enſemble ſuivant leurs angles oppoſés, ſont néceſſaires pour meſurer les angles avec plus d'exactitude. J'avoue que j'ai éprouvé un grand plaiſir, lorſque j'ai découvert, par l'expérience, que les objets repréſentés par ces priſmes achromatiques, conſtruits par M. Dollond, étoient très-diſtinctement apperçus, & que le diamètre de ces mêmes objets pouvoit être meſuré avec la plus grande facilité & la plus grande juſteſſe.

On pourroit placer deux ou pluſieurs paires de priſmes dans le même tube, afin qu'on pût ſe ſervir alternativement de l'une & de l'autre paire pour meſurer les angles d'une différente grandeur: une de ces paires de priſmes, dont l'angle de réfraction excéderoit de peu la ſomme de trente-ſix minutes du cercle, & l'autre, dont l'angle de réfraction excéderoit également de peu la ſomme d'une minute. On ſe ſert très-commodément de cette dernière paire de priſmes pour la meſure des petits angles; quoique cette eſpèce de micromètre ne ſoit pas exempte d'un petit défaut, comme on l'a déjà dit, en ce qu'on ne peut meſurer par ſon moyen les angles avec une extrême préciſion, lorſque les priſmes ſont placés trop près du foyer du verre objectif; car alors les cônes de lumière diſparoiſſent, lorſqu'ils tombent ſur le point des priſmes, auquel ces mêmes priſmes ſe touchent.

Suivant les principes que je viens d'expoſer, un priſme de cette eſpèce, & qui ſera mobile perpendiculairement ſur toute la longueur du tube, peut ſervir à la place du micromètre; & l'on peut, par ſon moyen, ſe paſſer d'un autre micromètre extérieur, qu'on appelle communément *Nonius* ou *Vernier*. La lunette à niveau, adaptée avec ſoin à ce nouveau micromètre, peut ſervir dans les obſervations des réfractions horizontales, des dépreſſions & des élévations des objets terreſtres. Le temps & l'expérience nous apprendront divers autres uſages de cet inſtrument.

Le 9 Juin de cette année 1777, il a été lu dans l'Aſſemblée de la Société Royale, un Ecrit du ſavant Abbé Boſcowich, où l'on trouve une pareille deſcription du micromètre priſmatique, comme inventé par M. l'Abbé Rochon, dont cependant M. l'Abbé Boſcowich s'attribue une partie. C'eſt pourquoi je certifie la Société Royale, que j'avois déjà communiqué cette invention à M. Dollond, & que je la lui avois fait exécuter; je l'avois même préſentée à M. Alexandre Aubert, Membre de notre Société, une année entière avant que M. l'Abbé Boſcowich en eût donné ſa deſcription à la Société Royale, comme les témoignages que je joins ici en font foi (1). Qu'il me ſoit permis d'obſerver en cet endroit, que lorſque M. Dollond travailloit à la conſtruction de cet inſtrument ſous ma direction, depuis le mois de Mars juſqu'au mois d'Août 1776, & qu'elle étoit exécutée en diverſes manières dans ſa maiſon, en préſence de pluſieurs de ſes Ouvriers, on ne peut pas regarder ce travail comme un ouvrage fait dans le ſecret. Quoi qu'il en ſoit, je ne doute pas qu'après les témoignages que je joins ici, de MM. Dollond & Aubert, je n'aye juſtement le droit de m'attribuer l'invention de ce micromètre. C'eſt pourquoi je remets à cette Aſſemblée cet inſtrument, avec l'atteſtation de M. Dollond qui l'a conſtruit, & qui, dès le mois d'Août 1776, avoit déjà été dépoſé à l'Obſervatoire Royal. Donné à Grenwich ce 11 Decémbre 1777. *Signé* MASKELINE.

---

(1) M. Maskeline ne pourra, ce me ſemble; diſconvenir que mes recherches ſur la meſure des angles par mes priſmes, ſont bien antérieures aux Sciences, & de nature bien différente : au reſte, il me ſemble que ce n'eſt point par des certificats, mais par des Mémoires imprimés ou dépoſés au Secrétariat de la Société Royale, que ce Savant auroit dû étayer ſes prétentions.

AU RÉVÉR. DOCTEUR MASKELINE.

Le 22 Novembre 1777.

POUR ſatisfaire à vos déſirs, je vous envoie les détails ſuivans des expériences que j'ai faites, d'après votre direction, pour perfectionner un nouveau genre de micromètre, qui ſert à la meſure des petits angles. C'eſt vers le commencement d'Avril 1776, que je reçus là-deſſus vos premières inſtructions. Il s'agiſſoit de faire deux priſmes, dont l'angle réfractât la lumière de 18 minutes, & de les placer entre l'objectif & l'oculaire d'un téleſcope achromatique, d'environ trente pouces de longueur. Les deux priſmes devoient ſe toucher par leurs angles, ſe mouvoir dans une ſituation parallèle depuis l'objectif juſqu'au foyer de l'oculaire, & avoir la grandeur néceſſaire pour couvrir toute l'ouverture de l'objectif, lorſqu'ils venoient à le toucher. Les réfractions de ces priſmes formoient deux images dans le téleſcope, qui étoient entre elles à la plus grande diſtance (d'environ 36′), lorſque les priſmes touchoient à l'objectif, & qui ſe rapprochoient à meſure qu'elles ſe mouvoient vers le foyer, dans lequel enfin elles ſe réuniſſoient. Toute la diſtance focale de l'objectif donnoit par conſéquent la longueur de l'échelle qui ſervoit à meſurer la diſtance angulaire des deux images formées dans le téleſcope. Lorſque les priſmes furent appliqués de la manière décrite ci-deſſus, on trouva que les deux images étoient fort colorées par la réfraction des priſmes. Vous me dites alors qu'on pouvoit remédier à cet inconvénient, en faiſant les priſmes achromatiques d'après les principes dont on ſe ſert pour les objectifs; ce qui fut exécuté après avoir ſurmonté quelques difficultés, & les deux images furent alors ſans couleurs & très-diſtinctes. Ces eſſais furent faits dans un tube de bois raboteux, avec l'inconvénient qu'on étoit obligé de mouvoir les priſmes avec la main; & c'eſt dans cet état qu'on fit voir l'inſtrument à M. Alexandre Aubert, Ecuyer de la Société Royale, vers la fin de Mai 1776. Vous déſirâtes enſuite qu'on lui donnât une forme moins imparfaite, en faiſant le tube de cuivre, & de manière qu'il pût tourner pour prendre des angles dans différentes directions, en y ajoutant une vis pour faire mouvoir les priſmes. Tout cela fut terminé vers le milieu d'Août de la même année, & porté à l'Obſervatoire Royal.

J'ai l'honneur d'être,

Votre très-humble & obéiſſant ſerviteur;
PIERRE DOLLOND.

JE certifie que dans le mois de Mai 1776, *le Révérend M. Maskeline, Aſtronome Royal, me montra dans la maiſon & à la préſence de M. Dollond, un inſtrument pour meſurer les petits angles, qu'il diſoit être de ſon invention. Cet inſtrument conſiſtoit en deux priſmes achromatiques, ſitués entre l'objectif & l'oculaire d'un téleſcope achromatique, d'environ* 30 *pouces de longueur. Lorſqu'on approchoit ou qu'on éloignoit ces priſmes de l'oculaire, les deux images qu'ils produiſoient s'approchoient ou s'éloignoient l'une de l'autre, de façon que la longueur focale de l'objectif devenoit une échelle pour meſurer la diſtance angulaire des deux images.*

Londres, 27 Novembre 1777.
ALEXANDRE AUBERT.

MÉMOIRE

SUR un nouvel inſtrument propre à meſurer, avec une très-grande préciſion, les hauteurs ſolſticiales, & généralement tous les grands angles, lu à l'Aſſemblée publique de l'Académie des Sciences, année 1780.

DE quelque manière qu'on entreprenne de déterminer ſur la terre la poſition des différens lieux ou celles des aſtres dans le ciel, les concluſions auxquelles on parvient ſont toujours fondées ſur quelques angles donnés par l'obſervation.

La certitude de ces concluſions dépend donc de la préciſion avec laquelle on peut obſerver & meſurer ces angles, c'eſt-à-dire, de la conſtruction & de la perfection des inſtrumens, en ſuppoſant d'ailleurs l'habileté & l'attention convenable de la part de l'Obſervateur.

Des inſtrumens aſſez groſſiers ont long-temps rempli tous les déſirs des Obſervateurs, & ils ſuffiſoient en effet à tout ce qu'exigeoit l'état alors des Sciences. C'étoit beaucoup, dans ces premiers temps, de connoître les principaux phénomènes de la Nature, d'en étudier en gros l'enſemble, les rapports les plus frappans, & l'ordre dans lequel ils ſe ſuccèdent.

Avant qu'on fût parvenu à cette connoiſſance, une recherche trop ſcrupuleuſe ſur les détails eût été prématurée, & parfaitement inutile : mais depuis que les progrès des Sciences ont, pour ainſi dire, épuiſé tout ce que la Nature avoit mis à la portée de l'homme, depuis que la curioſité, plus irritée encore que ſatisfaite par la connoiſſance générale du ſyſtême du Monde, ne peut plus s'exercer que ſur les phénomènes qui, ſoit par la diſtance ou par la petiteſſe, ſoit par la lenteur des mouvemens ou par leur complication, échappent à nos ſens, à nos recherches, à l'opiniâtreté de nos efforts; il faut que de nouvelles méthodes & de nouveaux inſtrumens rapprochent en quelque ſorte de nous ces vérités trop éloignées, & nous en facilitent les approches. L'induſtrie des Savans a ſans doute beaucoup fait à cet égard; & pour nous renfermer dans ce qui fait l'objet de ce Mémoire, l'Aſtronomie, depuis la fin du dernier ſiècle, s'eſt enrichie de pluſieurs inſtrumens nouveaux, & l'art de les conſtruire & de les diviſer a fait, dans ces dernières années, des progrès marqués. J'oſerai dire cependant, ſans craindre d'être démenti par ceux qui, à l'habitude de ſe ſervir des inſtrumens, ont joint l'étude de la théorie de leur conſtruction, qu'on eſt encore bien loin de la perfection qu'exigent le beſoin actuel de la Science, & la fineſſe des obſervations auxquelles il faut ſe livrer, ſi l'on veut conſtater ce qui reſte de douteux dans la Science des mouvemens céleſtes.

Il ſuffit, pour s'en convaincre, de jeter un coup-d'œil rapide ſur les moyens dont les Aſtronomes ſont en poſſeſſion pour meſurer les angles, & de comparer l'exactitude qu'ils peuvent donner à celle qu'on doit déſirer. Je ne me permettrai pas de m'étendre ſur cet objet; je n'en parlerai que pour faire ſentir la néceſſité de chercher des moyens plus ſûrs & plus précis, & par forme d'introduction à la deſcription du nouvel inſtrument que je préſente à l'Académie.

On ne connoît que trois moyens de déterminer la diſtance angulaire des objets qu'on ſuppoſe vus d'un même point, conſidéré comme centre; le premier conſiſte dans une opération trigonométrique;

on diſpoſe l'angle qu'on veut meſurer, de manière qu'il ſoit un des angles aigus d'un triangle rectangle, dont connoiſſant, par une meſure affective, les deux côtés, on détermine les deux angles; c'eſt ainſi que les Anciens prenoient les hauteurs du ſoleil, en meſurant la longueur de l'ombre, que projetoit ſur un plan horizontal un gnomon d'une hauteur connue.

L'arbalêtrille, ſi familière aux anciens Navigateurs, pour prendre la hauteur des aſtres, ſe rapporte à cette méthode; elle eſt aujourd'hui entiérement bannie dans l'uſage habituel de l'Aſtronomie, parce qu'elle n'eſt ſuſceptible d'aucune préciſion, à moins que les inſtrumens ne ſoient d'une grandeur exceſſive, & conſtruits avec des précautions qui les rendent néceſſairement très-rares.

On a ſeulement profité de quelques grands édifices, à la ſolidité deſquels on pouvoit ſe fier, pour faire ſervir au même uſage que les anciens gnomons, des ouvertures ménagées dans quelques parties élevées de ces édifices, & l'on a cherché à remédier à la difficulté de déterminer avec préciſion l'extrémité toujours incertaine de l'ombre du ſoleil, en recevant, au lieu de cette ombre, ſur le plan diſpoſé à cet effet, l'image que forment les rayons du ſoleil, réunis par un objectif d'un très-long foyer.

On peut voir dans l'égliſe de Saint-Sulpice un inſtrument de cette eſpèce, érigé par les ſoins de M. le Monnier, de cette Académie, & l'un des plus parfaits qu'on connoiſſe. Le ſecond moyen conſiſte à diriger vers chacun des objets dont on veut meſurer la diſtance angulaire, une alidade ou règle, armée de pinnules ou lunettes, ou, ſi l'on veut, à diriger ſucceſſivement la même alidade ſur deux objets, en laiſſant l'inſtrument dans une ſituation conſtante. Une de ces alidades, en tournant ſur un point fixe, promène ſucceſſivement une de ſes extrémités ſur la circonférence d'un limbe concentrique à ſon mouvement, diviſé en degrés & en parties de degrés.

C'eſt ſur ce principe que ſont conſtruits preſque tous les inſtrumens dont on ſe ſert dans la Géométrie pratique & dans l'Aſtronomie, & qu'on connoît ſous les noms de graphomètres, de quarts de cercles, de ſecteurs, &c.

Lorſqu'on deſtine ces inſtrumens à prendre la hauteur des objets au deſſus de l'horizon, l'on n'a beſoin que d'une ſeule alidade pour pointer à l'objet, & l'on ſe ſert d'un fil à plomb, ou d'un niveau, pour conſtater la ſituation de l'inſtrument, par rapport à la ligne horizontale ou verticale.

Cette conſtruction eſt d'un uſage commode ; mais pour juger du degré de confiance qu'on peut lui accorder dans les recherches délicates dont s'occupe l'Aſtronomie moderne, il ſuffira de préſenter quelques conſidérations ; d'abord, il eſt impoſſible de pouſſer les diviſions fort loin, & encore moins de répondre de leur parfaite exactitude, dans des inſtrumens dont le rayon eſt même aſſez grand. Une ſeconde n'occupe qu'un millième de ligne dans un cercle de trois pieds de diamètre : l'épaiſſeur du trait qui marque la diviſion ſur le limbe, eſt plus conſidérable ; la moindre déviation de la main ou de l'outil qui ſert à tracer, la moindre irrégularité dans le plan du limbe, la moindre flexion qu'il éprouve ſous la main qui opère, la dilatation même qu'il en reçoit ſucceſſivement & inégalement dans toutes ſes parties, ſuffiſent pour déranger le trait de pluſieurs ſecondes. Il eſt à remarquer que ces irrégularités n'influent pas ſeulement ſur les ſubdiviſions des petits arcs, elles tendent encore à déplacer la ſituation reſpective même des points qui ſervent à marquer les diviſions principales.

En vain, par des nonius & des tranſverſales, a-t-on cru remédier à l'impoſſibilité de diviſer en trop petites parties une circonférence d'un médiocre rayon : quand ces moyens ſeroient ſuſceptibles d'une préciſion dont ils ſont bien éloignés ; quand ils diviſeroient parfaitement le degré en minutes, & les minutes en ſecondes ; la plus grande exactitude dans les ſubdiviſions ne corrigeroit point l'erreur qui réſulteroit de la fauſſe poſition des extrémités de l'arc qu'elles ſubdiviſent. La même réflexion s'applique aux micromètres qu'on emploie pour ſe procurer les dernières ſubdiviſions ; ces micromètres ſont eux-mêmes ſujets à une foule d'erreurs, par l'irrégularité des vis, par le jeu indiſpenſable, pour que ces vis puiſſent ſe mouvoir ; enfin, par l'épaiſſeur des fils ou des traits qui ſervent à meſurer les parties du champ de la lunette, & qui, placés ſi près de l'œil, ont néceſſairement un rapport ſenſible avec les très-petits arcs qu'on veut déterminer.

La difficulté de donner à l'inſtrument

la poſition convenable, & de l'y maintenir dans les différens mouvemens qu'exigent les obſervations, eſt une nouvelle ſource d'erreurs inappréciables & ſans remède.

Pour ſe procurer des diviſions plus ſenſibles, on a vainement imaginé de faire conſtruire des inſtrumens d'un très-grand rayon; ces très-grands rayons ſont encore très-petits, lorſqu'il s'agit d'atteindre à la préciſion des ſecondes; mais en augmentant ainſi l'étendue des inſtrumens & leur poids, il s'en faut bien qu'on ait augmenté leurs avantages, dans la même proportion qu'on a multiplié les difficultés & les inconvéniens attachés à leur conſtruction & à leur uſage, & les ſources d'erreurs qui en réſultent.

Pour ne parler d'abord que de la diviſion, comment tracer & diviſer exactement une circonférence ſur un plan qui n'eſt pas parfaitement dreſſé? & quel eſt l'Artiſte qui ait eſſayé de dreſſer un plan parfait, & qui ne ſoit pas convaincu, je ne dis pas de l'exceſſive difficulté, mais de l'impoſſibilité abſolue d'y réuſſir, quand il s'agit d'un plan dont la figure n'eſt pas entiérement circulaire, & même quand il s'agit d'un cercle d'un grand rayon? Mais je veux qu'on ſoit parvenu à dreſſer

& à diviſer l'inſtrument auſſi parfaitement qu'il ſoit poſſible ; comment conſervera-t-il cette exactitude, lorſqu'il ne ſera plus dans la poſition dans laquelle il a été diviſé, lorſqu'il paſſera par toutes les poſitions variables qu'exige la diverſité des obſervations, lorſqu'il ſubira les variations de température auxquelles il eſt expoſé ?

Cet inſtrument eſt compoſé de barres de cuivre, que leur poids fait courber ; ce métal employé dans la conſtruction de tous les inſtrumens de mathématique, & deſtiné à y recevoir toutes les diviſions, a même l'inconvénient de n'être ni parfaitement élaſtique, ni parfaitement homogène.

Par le défaut de l'élaſticité, lorſqu'il a été déformé par une flexion ou preſſion paſſagère, ou par la dilatation qui lui fait éprouver la chaleur, il ne ſe rétablit pas parfaitement dans ſon premier état, quoique la cauſe du dérangement ait ceſſé.

Par le défaut d'homogénéité, ſa dilatation varie, & n'eſt pas toujours la même dans les différens morceaux dont eſt compoſé le même inſtrument ; il eſt évident que toutes ces cauſes d'altérations, d'irrégularités & d'erreurs, ſont d'autant plus grandes, d'autant plus irremédiables, que les inſtrumens ſont plus expoſés, par leur grandeur, à s'échauffer & à ſe refroidir inégalement dans leurs différentes parties, que la longueur des lames les rendent plus ſuſceptibles de ſe plier par leur poids.

On a cru pouvoir ſe procurer des inſtrumens d'un long rayon, & retrancher cependant la plus grande partie des incommodités d'un poids & d'un volume exceſſif, en ſubſtituant aux cercles entiers des quarts de cercle ou d'autres ſecteurs. Cette idée a été miſe en pratique dès le temps des Anciens; mais par-là on a augmenté prodigieuſement la difficulté de dreſſer exactement le limbe qui doit porter les diviſions, & celle de mettre l'inſtrument & toutes ſes parties en équilibre dans toutes les ſituations qu'on veut lui donner, article de la plus grande importance, & l'on s'eſt privé des ſeuls moyens ſur leſquels on puiſſe compter pour vérifier la bonté d'un inſtrument; car il eſt preſque auſſi difficile de vérifier un quart de cercle, que de le conſtruire; il faut ajouter à tous ces inconvéniens des grands inſtrumens, la difficulté de mouvoir avec facilité des maſſes auſſi lourdes, celle de concilier l'aiſance indiſpenſable dans leurs mouvemens, avec la difficulté non moins indiſpenſable de la ſtabilité que l'inſtrument doit conſerver dans ſa poſition, relativement à l'horizon & au méridien.

En bornant l'uſage des grands inſtrumens à un certain genre d'obſervations, telles que les hauteurs méridiennes des aſtres, on s'eſt flatté d'obvier, & on obvie, juſqu'à un certain point, aux difficultés de leur donner une ſtabilité ſuffiſante, en les attachant fixement à des murs, ou à des maſſes regardées comme inébranlables, & dont une des faces eſt dirigée dans le plan du méridien : on ne remédie cependant par-là qu'à une petite partie des inconvéniens que je viens d'expoſer, & l'expérience a même prouvé que ces maſſes, regardées comme inébranlables, ne l'étoient pas, que les murs les plus ſolides étoient ſujets à des taſſemens imprévus, & à des mouvemens irréguliers, occaſionnés par l'action alternative du froid & de la chaleur, de la ſéchereſſe & de l'humidité, ce qui forme une nouvelle ſource d'erreurs très-difficile à reconnoître.

J'en ai dit aſſez pour faire ſentir combien peu de ſuccès on peut ſe promettre même des plus grands inſtrumens, conſtruits d'après les principes ordinaires, pour parvenir à des obſervations très-ſûres & très-préciſes ; c'eſt cependant à de tels inſtrumens que les Aſtronomes ſont réduits.

Ils peuvent, ſans doute, donner une exactitude ſuffiſante dans des obſervations ordinaires ; mais quand il s'agit de ſe livrer à des recherches plus délicates, de vérifier ſur la terre les plus petites déviations dans la poſition des niveaux & dans la direction des graves, de ſuivre au ciel la poſition apparente des étoiles, d'y démêler ce qui appartient à l'aberration de la lumière, à la nutation de l'axe, à la préceſſion des équinoxes, aux mouvemens propres qu'on ſoupçonne à ces étoiles, de déterminer les changemens lents que l'on peut ſuppoſer dans la poſition de l'orbite de la terre, & dans l'inclinaiſon de l'écliptique, de ſaiſir, dans le court eſpace de temps qui nous eſt accordé, la poſition preſque imperceptible qui y correſpond dans ces lentes révolutions, à peine ſenſibles après pluſieurs ſiècles, il faut avouer que nos moyens ſont encore bien groſſiers pour un but auſſi ſublime.

Voyons ſi la troiſième méthode de meſurer les angles que nous avons annoncés, pourroit nous en rapprocher.

Elle conſiſte à déplacer, par le moyen de la réflexion ou de la réfraction, l'image d'un objet, pour la porter dans le même alignement que celle de l'objet auquel on veut le comparer; la meſure de ce déplacement donne la diſtance angulaire des deux objets.

C'eſt aux Marins que le beſoin a ſuggéré cette idée ingénieuſe; la connoiſſance de la hauteur des aſtres leur eſt abſolument néceſſaire pour les guider dans leur route, & l'agitation continuelle du vaiſſeau ne leur permet pas d'employer, pour la meſurer, des inſtrumens dont l'exactitude ſuppoſe, pour première condition, la plus grande ſtabilité. Il falloit donc parvenir à s'en paſſer, & la coïncidence des deux images en offroit le moyen, puiſque les deux objets, une fois mis en contact apparent, s'y voient encore, lorſqu'on les retrouve après les avoir perdus par les balancemens du vaiſſeau.

On ſait qu'un verre, dont les ſurfaces ſont parallèles, laiſſe paſſer la lumière des objets qu'on voit à travers, ſans cauſer aucune altération ſenſible à la direction des rayons, quelque inclinaiſon qu'on donne au verre; mais ce même verre réfléchit auſſi de ſa ſurface les rayons qui y tombent ſous une certaine inclinaiſon; & quoique cette image réfléchie ſoit toujours beaucoup plus foible que celle qu'on voit directement, & beaucoup moins que celle que réfléchiroit un verre étamé, elle eſt très-ſuffiſante, lorſqu'il s'agit de faire voir par réflexion l'image du ſoleil & de la lune, ou même celle d'une étoile brillante; tandis qu'à travers le verre on regarde directement l'horizon où ſe termine la vue de la mer. On peut donc, à l'aide d'un verre plan, faire coïncider dans le même alignement deux objets dont la diſtance angulaire eſt très-conſidérable; il ne s'agit pour cela que d'incliner le verre réfléchiſſant d'une manière convenable. Un ſeul verre cependant ne ſuffiroit pas pour donner à la lumière réfléchie, une direction qui fît toujours coïncider les deux images.

J'ai déjà obſervé que l'œil voit toujours l'objet direct, quelle que ſoit l'inclinaiſon donnée au verre; il n'en eſt pas de même de l'objet réfléchi, la plus petite variation dans l'inclinaiſon du verre déplace l'image.

Pour la retrouver, en ſuppoſant que le verre conſerve cette nouvelle inclinaiſon, il faut que l'œil ſe dérange un peu. Par ce dérangement, il verra auſſi l'image direĉte ſous un angle un peu différent : ſi cette différence dans l'alignement ſous lequel eſt vu l'objet direĉt, étoit préciſément égale au déplacement qu'a ſubi l'image réfléchie par le changement d'inclinaiſon, l'œil ne ceſſeroit pas de voir les deux objets dans le même alignement, dès qu'ils y auroient été une fois placés ; mais il en eſt tout autrement. Le déplacement de l'objet direĉt n'eſt qu'égal à la différence entre les deux inclinaiſons du verre ; mais le déplacement de l'image réfléchie eſt double, puiſque l'objet réfléchi eſt déplacé premièrement de la quantité réſultante du changement d'angle d'incidence, égal au changement d'inclinaiſon du verre réfléchiſſant, & ſecondement, de la quantité réſultante du changement de l'angle de réflexion, égal à celui d'incidence.

Or, ſi le déplacement de l'objet réfléchi eſt double du déplacement de l'objet vu direĉtement, il eſt évident que l'œil qui voyoit les deux images en contaĉt, lors de la première inclinaiſon du verre, les verra ſéparées lorſque cette inclinaiſon aura ſubi le plus petit changement.

On remédie à cet inconvénient, en ſe ſervant de deux verres inclinés l'un à l'autre ſous un angle conſtant, dont l'un, qui peut être étamé, ſi l'on veut, reçoit immédiatement l'image de l'objet, & la porte ſur le ſecond, lequel la réfléchit pour la porter à l'œil, & doit être tranſparent pour laiſſer-voir en même temps l'objet direct. Ces deux verres ſont liés l'un à l'autre, & ſe ſuivent dans tous leurs mouvemens. Si l'inclinaiſon de l'un change, celle de l'autre change de la même quantité : par cette conſtruction, l'image de l'aſtre ne peut être déplacée ſur le premier verre par le changement d'inclinaiſon, qu'elle ne ſoit déplacée en ſens contraire ſur le ſecond, préciſément de la même quantité; ſa direction ſera donc conſtante tant que la poſition de l'aſtre le ſera, & l'œil qui aura vu coïncider l'image de l'aſtre avec l'objet direct, les verra toujours en contact, ou ne les verra point du tout.

C'eſt d'après cette théorie qu'eſt conſtruit le quartier de réflexion d'Hadley, inſtrument ſi précieux, & dont les Marins font tant d'uſage, non ſeulement pour connoître exactement les latitudes, mais enore pour déterminer, avec une préciſion preſque ſuffiſante aux beſoins de la navigation, les longitudes par le moyen des diſtances de la lune au ſoleil ou aux étoiles.

Les inſtrumens faits ſelon ce principe, ont toute la perfection qu'on peut déſirer pour le but auquel ils ſont deſtinés ; mais comme ils doivent ſervir aux Marins, il faut qu'ils ſoient petits & légers ; il faut auſſi que le déplacement de l'image de l'aſtre ſoit meſurée ſur un limbe, diviſé ſuivant la méthode ordinaire, car on n'en a pas d'autres, & de ce côté-là, les inſtrumens qu'emploient les Marins n'ont aucun avantage ſur les inſtrumens ordinaires ; ils ont même un déſavantage, puiſque les angles étant doubles par la réflexion, le degré, ſur le limbe d'un octant de deux pieds de rayon, n'a pas plus d'étendue que le degré ſur le limbe d'un quart de cercle d'un pied de rayon.

Quoique ces inſtrumens, dans l'état où ils ſont, ſuffiſent pour les beſoins de l'Aſtronomie Nautique, on ſent qu'ils ne peuvent convenir à des recherches plus délicates : mais ne peut-on pas en conſtruire d'autres ſur le même principe, en profitant d'ailleurs de toutes les commodités qu'on a à terre pour étendre à volonté l'eſpace, pour varier les diſpoſitions des verres réfléchiſſans & des mires qu'on peut ſubſtituer aux diviſions ordinaires, enfin, pour rendre ſenſibles, à l'aide des téleſcopes, les plus petites variations ?

C'eſt d'après cette vûe que je vais propoſer aux Aſtronomes un nouvel inſtrument, que j'ai d'abord imaginé pour obſerver les hauteurs ſolſticiales, & les changemens d'inclinaiſon de l'écliptique, & que j'ai enſuite appliqué à la meſure de tous les grands angles.

Qu'on imagine deux verres plans, fixés invariablement, & inclinés l'un à l'autre ſous un angle égal à la moitié de la hauteur du ſoleil au deſſus de l'horizon le jour du ſolſtice.

Pour rendre cette inclinaiſon abſolument invariable, je diſpoſe une pierre dure & homogène, ou une maſſe de porcelaine, taillée & creuſée de façon qu'elle ſerve de châſſis à mes deux verres, dont l'inclinaiſon ne peut varier qu'autant que la pierre ou la porcelaine changeroit de forme. Cela poſé, j'établis, à une grande diſtance, une mire dans la direction du méridien. Cette mire doit être une maſſe fixe, un pilier de pierre inébranlable. Sur cette maſſe & au même niveau du point d'où j'obſerve, je trace une ligne, ou première diviſion, qui repréſente l'horizon; cette ligne eſt traverſée par une autre ligne verticale, diviſée, au deſſus & au deſſous du niveau, en pouces & lignes & parties de ligne : il eſt aſſez facile d'établir la ligne qui repréſente l'horizon, au niveau du point d'où j'obſerve, mais cela n'eſt pas abſolument néceſſaire ; il ſuffit qu'elle ſoit toujours la même, puiſqu'il ne s'agit pas tant de déterminer la hauteur abſolue du ſoleil au ſolſtice, que de reconnoître la variation que cette hauteur peut éprouver d'une année à l'autre.

Maintenant je dirige un bon téleſcope ſur cette mire, & je place mon aſſemblage de verre réfléchiſſant, de façon que je voye dans la même direction & la mire à travers le verre, & l'image du ſoleil, portée ſur ce même verre par la réflexion du premier.

J'ai eu ſoin auparavant, de déterminer la place deſtinée à recevoir mon aſſemblage de verre : dans cette place, qui eſt le véritable centre de l'inſtrument, & le ſommet des angles que je veux meſurer, j'établis un ſupport deſtiné à porter tous les ans l'aſſemblage de mes verres ; ce ſupport fixe eſt diſpoſé à peu près comme le ſupport d'un inſtrument des paſſages ; on voit que ces deux verres font exactement l'effet des deux miroirs du quartier de réflexion de M. Hadley ; on voit auſſi que, pour peu que la hauteur ſolſticiale varie, l'image du ſoleil, au lieu de coïncider avec la ligne horizontale de la mire, répondra à quelqu'une des diviſions placées au deſſus & au deſſous de cette eſpèce d'horizon artificiel, & que l'étendue de ces diviſions, obſervée au téleſcope, me donnera la variation de la hauteur du ſoleil, avec une préciſion proportionnée à la diſtance à laquelle j'ai placé la mire. Cette diſtance n'eſt point arbitraire ; elle ne doit pas être trop grande, afin que la hauteur apparente de la mire ne puiſſe pas être affectée ſenſiblement par les réfractions horizontales ; mais elle doit être aſſez grande pour que l'on puiſſe voir diſtinctement, par le même téleſcope, & au même foyer, les diviſions de la mire, & l'image de l'aſtre, vues d'une diſtance indéfinie ; car on ſait que le foyer où ſe réuniſſent les rayons partis d'un objet, eſt d'autant plus long que cet objet eſt plus près, & que cette différence ne devient inſenſible que lorſque la diſtance de l'objet le plus voiſin eſt déjà fort grande. L'accord de ces deux conditions donne à ma mire une diſtance de 4 à 500 toiſes ; elle eſt aſſurément bien ſuffiſante

ſuffiſante pour me donner une grande préciſion, car les diviſions de mon inſtrument ſont marquées ſur la tangente d'un cercle de 5 à 6000 pieds de diamètre: or, ſur la circonférence d'un pareil cercle, on pourroit tracer même les tierces, puiſqu'elles occuperoient environ un trentième de ligne. Mais il eſt à obſerver que de pareilles diviſions ſeroient ſans objet, puiſqu'à une pareille diſtance, les meilleurs téleſcopes ne ſuffiroient pas pour les obſerver.

Il eſt évident que cet inſtrument n'eſt ſuſceptible d'aucun des dérangemens auxquels les autres ſont ſujets, puiſque je n'ai beſoin que de l'invariabilité ſenſible de la mire, & du ſupport de mes verres réfléchiſſans. Cet inſtrument n'a beſoin d'aucune correction, & me donne immédiatement la hauteur réelle de l'aſtre, & ſes plus petites variations affectées de la ſeule réfraction, ce qui eſt commun à toutes les manières d'obſerver.

Je dis que mon inſtrument n'eſt ſuſceptible d'aucun dérangement. Le ſeul changement d'inclinaiſon des deux verres pourroit y devenir une ſource d'erreurs; ce changement ne peut avoir lieu, qu'en ſuppoſant que la pierre ou la porcelaine qui ſert de châſſis à mes verres changent de forme, ſuppoſition qu'on ne peut guère faire ; & ſi ce changement avoit lieu, j'aurois encore un moyen très-facile de le connoître : ce moyen conſiſte à diſpoſer un troiſième verre ou miroir, deſtiné à recevoir une image réfléchie de la mire, & à la faire coïncider ſur le ſecond verre réfléchiſſant avec l'image de la même mire, vue directement ; le moindre dérangement dans l'inclinaiſon des verres me feroit voir l'image de la mire double, & me feroit reconnoître l'altération qu'auroit ſubie mon inſtrument.

Il ſeroit poſſible de ſe ſervir de la même diſpoſition, & de faire ſervir la même mire pour meſurer tous les angles depuis zéro juſqu'à 90° ; il ſuffiroit pour cela de placer la mire ſur une colonne aſſez élevée pour embraſſer la meſure d'un arc d'un degré, & d'avoir 90 aſſemblages de verres réfléchiſſans, chacun avec l'inclinaiſon convenable pour tous les degrés, depuis zéro juſqu'à 90.

Mais, en y réfléchiſſant, j'ai vu que je pouvois diminuer beaucoup le nombre de ces aſſemblages, & qu'avec cinq ou ſix ſeulement, on pouvoit meſurer, avec une préciſion très-grande, toutes les hauteurs depuis zéro juſqu'à 90° : pour cet effet, je diſpoſe une mire, non plus à la diſtance de 4 à 500 toiſes, mais à 60, 40, ou 20 pieds, comptés depuis le centre du ſupport des verres réfléchiſſans, qui, comme je l'ai déjà dit, eſt le ſommet des angles à meſurer.

La mire n'étant plus qu'à quelques toiſes de diſtance du point regardé comme le centre de l'inſtrument, pourra aiſément, ſans être d'une très-grande hauteur, porter des diviſions qui repréſenteront la tangente d'un angle de 15 à 20° ou davantage.

Maintenant, ſi je veux obſerver les différentes hauteurs d'aſtres compriſes dans ce nombre de dégrés, il eſt viſible que les images de ces aſtres ne correſpondront pas avec les mêmes diviſions de la mire, & que les différentes diviſions me donneront les différentes hauteurs obſervées; mais il reſte une difficulté, celle de pouvoir voir en même temps & avec la même diſtinction, par le même téleſcope, un aſtre dont la diſtance eſt immenſe, & les diviſions d'une mire éloignée ſeulement de quelques toiſes, tandis que tout le monde ſait que, pour voir un objet près & un objet éloigné par le même téleſcope, il faut éloigner ou rapprocher de l'objectif le tuyau qui porte les oculaires.

La ſolution de cette difficulté, fondée ſur les propriétés du criſtal d'Iſlande, eſt peut-être ce que j'ai à préſenter de plus piquant dans ce Mémoire.

On ſait, depuis long-temps, que le criſtal d'Iſlande a la propriété de doubler les objets qu'on regarde à travers; cette propriété vient de ce que cette ſubſtance eſt compoſée de deux matières différentes, & douées l'une & l'autre d'une différente réfraction, en ſorte qu'une partie de la lumière, qui tombe ſur la ſurface de ce criſtal, ſe réfracte ſous un angle, tandis que le reſte ſe réfracte ſous un autre angle.

Il ſuit de là, qu'un objectif de ce criſtal raſſemble dans un foyer tous les rayons réfractés par celle des deux matières qui a le plus grand pouvoir réfractif, & dans un autre foyer plus éloigné, tous les rayons réfractés par la matière la moins réfringente.

Si l'on regarde un objet à travers un tel objectif, & qu'on place les oculaires à la diſtance convenable au premier foyer, on le verra bien terminé, & les rayons deſtinés à former l'autre image, étant encore trop diſperſés, ne troubleront que d'une manière inſenſible la diſtinction de l'objet apperçu; ſi enſuite on éloigne les oculaires, on ne verra plus qu'un nuage confus juſqu'à ce qu'on ſoit arrivé à la diſtance du ſecond foyer. A cette diſtance, on recommencera à voir diſtinctement les rayons réunis par matière la moins réfringente, & les autres ſeront trop diſperſés pour troubler ſenſiblement l'image.

Maintenant, je ſuppoſe que la mire ſoit placée à vingt pieds de diſtance ſeulement; un téleſcope, fait avec un objectif de criſtal d'Iſlande, travaillé dans un baſſin de trois pieds de rayon, me fera voir diſtinctement l'image de l'aſtre, & les diviſions de ma mire au même foyer. Les deux foyers d'un pareil objectif ſont placés, l'un à 29 pouces 2 lignes, & le ſecond à 33 pouces 4 lignes : ſi je place mes oculaires de façon à voir diſtinctement l'image de l'aſtre par ce ſecond foyer, qui eſt celui de l'image la moins réfractée, je verrai l'aſtre parfaitement terminé, & je ne verrai point l'autre image que raſſemble le premier foyer : or, je verrai en même temps, à cette diſtance de 33 pouces 4 lignes, les diviſions de la mire par l'image du premier foyer le plus réfringent. En effet, ces diviſions n'étant qu'à 20 pieds de diſtance, il eſt néceſſaire pour les voir avec ce premier foyer, de reculer les oculaires, & c'eſt préciſément à la diſtance de 33 pouces 4 lignes qu'il faut les reculer ; ainſi le même oculaire raſſemble à la fois l'image des diviſions réunie par la forte réfraction, & celle de l'aſtre réunie par la plus foible réfraction ; ce qui donne un moyen fort nouveau, &, comme on voit, très-utile, de voir en même temps avec la même diſtinction, par le même téleſcope, un objet très-éloigné, & un objet très-voiſin. Il eſt ſuperflu de remarquer qu'un objectif, travaillé ſur des baſſins d'un rayon différent, produira le même effet, pour une mire placée à une diſtance différente, telle que 40 ou 60 pieds, ce qui me donne le moyen de rendre cette eſpèce d'inſtrument auſſi précis qu'on le voudra.

Je compte pouvoir me ſervir, pour obſerver le ſolſtice d'été prochain, de l'inſtrument que j'ai préparé pour cet effet. Je rendrai compte à l'Académie du réſultat de mes obſervations.

MÉMOIRE

SUR la meſure de la diſperſion & de la réfraction de différentes ſubſtances, & deſcription de l'inſtrument qui a ſervi à cette détermination. Lu à la Séance publique de l'Académie du 5 Avril 1780.

LA lumière qui traverſe des corps tranſparens, dont les ſurfaces ne ſont pas parallèles, ſe décompoſe en ſe réfractant, & donne des couleurs d'autant plus diſtinctes & ſéparées, que l'angle formé par les deux ſurfaces eſt plus grand.

L'ordre de ces couleurs eſt invariable, & Newton les a réduites à ſept dénominations principales, qui ſont le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo, & le violet.

Les Phyſiciens qui s'occupent des expériences ſur la lumière, ne conſidèrent dans le priſme que les deux ſurfaces oppoſées, par leſquelles la lumière entre & ſort. En conſéquence, ils emploient le mot de priſme, pour déſigner tout milieu tranſparent, dont les deux ſurfaces, traverſées par la lumière, ſont inclinées l'une à l'autre.

On donne la forme priſmatique aux fluides, en les recevant dans des vaſes priſmatiques de verre. La mobilité des deux plaques de verre qui forment les deux côtés du priſme fluide, permet d'en changer l'inclinaiſon à volonté; & comme les plaques de verre ſont planes & d'égale épaiſſeur, elles n'ont abſolument d'autre effet que de retenir la liqueur dans le vaſe, & de lui faire prendre la figure priſmatique.

Le priſme fluide à angle variable, eſt du plus grand uſage dans les expériences de la lumière, parce qu'avec ce ſeul priſme on obtient tous les priſmes poſſibles.

C'eſt à la forme priſmatique que le diamant eſt redevable de ſes brillantes couleurs. Les petites facettes inégalement inclinées qui couvrent ſa ſurface, ſont autant de petits priſmes qui décompoſent la lumière, & produiſent cette multitude de reflets colorés qu'on ne peut ſe laſſer d'admirer. Cet effet frappe les yeux de tout le monde; mais il étoit réſervé à Newton d'en trouver la cauſe. Ce grand homme vit que ce phénomène tenoit à l'hétérogénéité de la lumière, & à la différente réfrangibilité de ſes rayons. En effet, ſi vous introduiſez dans une chambre obſcure, par un petit trou pratiqué au volet d'une fenêtre, la lumière du ſoleil, vous obtiendrez une image ronde de cet aſtre, en la recevant ſur un carton placé perpendiculairement aux rayons; mais ſi vous faites paſſer les rayons ſolaires par un priſme d'une ſubſtance quelconque, l'image du ſoleil ſera déplacée en raiſon de la réfraction occaſionnée par la forme priſmatique du milieu, & cette nouvelle image vous paroîtra oblongue, & teinte des plus vives couleurs de l'arc-en-ciel, ſelon le même ordre, & bordée à ſes extrémités de rouge & de violet, de ſorte que vous jugerez le rouge compoſé des rayons les moins réfrangibles, & le violet produit par les rayons les plus réfrangibles. Newton a donné à cette image oblongue & colorée le nom de ſpectre.

Si vous comparez pluſieurs priſmes de même angle, mais remplis de liqueurs différentes, telles que l'eau, l'eſprit de vin, l'éther, le déplacement de l'image ou du ſpectre ne vous paroîtra pas le même; cette image ſera plus ou moins éloignée du lieu où elle ſeroit tombée, ſi la lumière avoit ſuivi directement ſa route, ſans être interceptée par le priſme ; cela vient de ce que le rayon ſe plie ou ſe réfracte davantage, en paſſant par certains milieux, qu'en traverſant d'autres, ou, ce qui eſt la même choſe, de ce que les différens milieux n'ont pas une égale force réfringente.

En obſervant la diſtance entre le centre du ſpectre & le lieu où tomberoit le rayon direct, on détermine facilement le rapport de la force réfringente des différens milieux tranſparens.

Si, en n'employant qu'un ſeul milieu, vous augmentez ou diminuez l'angle des deux ſurfaces du priſme, vous étendrez ou reſſerrerez le ſpectre en même temps que vous augmenterez ou diminuerez l'effet de la réfraction, & cette variation dans l'étendue du ſpectre ſera toujours proportionnelle au déplacement du centre de l'image, cauſé par la réfraction.

Si, au contraire, vous comparez des ſpectres produits par deux priſmes de même angle, mais formés de différens milieux, non ſeulement le déplacement des centres des deux ſpectres ne ſera pas le même, mais leur étendue ſera augmentée, & vous obſerverez que cette augmentation d'étendue ne ſuit pas la proportion du déplacement des centres du ſpectre, mais une proportion différente, qui varie ſuivant les différens milieux. Si vous faites changer la poſition & les angles de deux différens priſmes remplis de différentes liqueurs, de façon que les centres des deux ſpectres ſoient à la même hauteur, ou, ce qui eſt la même choſe, de façon que les deux réfractions deviennent égales, vous remarquerez, avec quelque étonnement, que les dernières teintes d'un des deux ſpectres déborderont celles de l'autre en haut & en bas, d'où vous conclurez qu'à réfraction égale, ou à déplacement égal du centre de l'image, l'écartement ou la diſperſion des couleurs qui la forment n'eſt point égale. A la vérité, ces ſpectres, quoique d'inégale longueur, préſenteront toujours les couleurs de l'iris ſelon un ordre conſtant ; mais cette expérience prouve du moins qu'il réſide dans chaque ſubſtance une puiſſance plus ou moins forte de décompoſer la lumière, & de faire naître des images colorées plus ou moins étendues.

Les Phyſiciens nomment rapport de diſperſion, celui qu'ils obſervent entre les longueurs des ſpectres produits par des priſmes de différentes ſubſtances. Newton a déterminé la réfraction d'un aſſez grand nombre de milieux ; mais la différence de leur diſperſion ne lui étoit pas connue, puiſque, d'après quelques expériences incomplètes, il la ſuppoſoit proportionnelle à la force réfractive.

Cette erreur n'a été découverte que dans ces derniers temps. L'illuſtre M. Euler témoigna le premier quelques doutes ſur l'aſſertion de Newton ; M. Klingenſtierne alla un peu plus loin, & attaqua directement, en 1755, la proportion ſuppoſée entre la force réfractive & la force de différens milieux ; on recourut à l'expérience, & en 1759 M. Dollond reconnut entre le verre commun & l'eſpèce de verre de plomb, qu'on appelle fort improprement en Angleterre, flintglaſſ ou verre de ſilex, une inégalité de diſperſion bien plus conſidérable que l'inégalité de leurs forces réfractives.

Newton n'avoit eſſayé que le verre & l'eau. La différence de diſperſion qui a lieu entre ces deux ſubſtances n'étoit pas aſſez frappante, ſur-tout par la méthode dont il nous apprend qu'il s'eſt ſervi dans ſon Traité d'Optique, pour lui faire ſoupçonner que l'origine des couleurs, dans le priſme, ne tenoit pas ſeulement à l'hétérogénéité de la lumière, & à la différente réfrangibilité de ſes rayons, mais encore à la nature de chaque ſubſtance en particulier.

Rien ne prouve mieux ſans doute combien il faut en phyſique multiplier les expériences, les varier, les rapprocher, avant d'en venir à établir des loix générales : combien ne doit-on pas craindre de ſe laiſſer entraîner trop facilement à l'eſprit de ſyſtême, quand on voit un auſſi grand homme que Newton, celui peut-être de tous les Phyſiciens qui s'eſt armé avec le plus de ſoin contre la ſéduction de cet eſprit, & qui a le mieux réuſſi en général à s'en garantir, ſe livrer néanmoins à des conſéquences précipitées d'expériences imparfaites, & s'empreſſer de conſtruire une théorie, avant d'avoir conſidéré ſon objet ſous toutes les faces dont il étoit ſuſceptible ?

Depuis Newton, mille Phyſiciens ont répété ſes expériences ſur la lumière ; aucun avant Dollond n'a ſoupçonné cette énorme diſproportion entre la diſperſion & la réfraction, qui a lieu dans les différentes ſubſtances, quelque facile qu'il ſoit de s'en aſſurer : c'eſt cependant une expérience fondamentale, d'où les progrès de la Dioptrique dépendoient abſolument ; car, ſi le rapport des diſperſions ſuivoit celui des réfractions, il ſeroit à jamais impoſſible de déplacer par la réfraction l'image d'un objet, ſans que cette image fût défigurée par la décompoſition des couleurs dont elle eſt formée ; en un mot, il ſeroit impoſſible que la réfraction exiſtât ſans diſperſion de couleurs. Or, tous les inſtrumens de Dioptrique, tous les verres de lunettes n'augmentent ou ne diminuent les images apparentes des objets, que par l'effet de la réfraction ; chaque point des deux ſurfaces d'une lentille quelconque, peut & doit être conſidéré comme les petites faces d'un polièdre formé par un nombre indéfini de faces indéfiniment petites, dont chacune eſt une portion du plan qui toucheroit la lentille dans ce point. Les deux points oppoſés d'une lentille, par leſquels entre & ſort chaque rayon de lumière, ſont donc un véritable priſme, dont les deux faces ont entre elles la même inclinaiſon que les deux plans tangens à ces deux points, & le rayon ſe briſe en conſéquence de cette inclinaiſon : c'eſt parce que cette inclinaiſon varie à chaque point de la courbure de la lentille, que tous les rayons qui tombent ſur ſa ſurface extérieure ſe briſent, & prennent chacun des directions différentes, qui toutes, par l'effet de la courbure qu'on a donnée à la lentille, doivent ſe réunir dans un ſeul point qu'on nomme foyer, pour y former une image de l'objet; mais ſi, comme on l'a obſervé, chaque rayon ne peut ſe briſer dans l'eſpèce de priſme qu'il traverſe, qu'en ſe décompoſant, il s'enſuit que chaque point de l'image devient en petit une eſpèce de ſpectre formé par les couleurs toujours un peu diſperſées de ce rayon. Ces différens ſpectres ſe recouvrent, & s'oblitèrent un peu les uns les autres dans le centre de l'image, d'où réſulte ſeulement une légère confuſion, un défaut de netteté dans l'objet repréſenté; mais ſur les bords de l'image, les iris, formées par les derniers rayons décompoſés, n'étant point recouvertes & altérées par le mélange des autres couleurs d'iris voiſines, elles deviennent ſenſibles, & les images mal terminées paroiſſent bordées de petites franges de diverſes couleurs.

Plus le pouvoir amplifiant des verres

eſt grand, plus cet effet augmente; & c'eſt cet inconvénient regardé comme inévitable, qui a ſi long-temps empêché de donner aux téleſcopes de réfraction un groſſiſſement très-conſidérable, en y adaptant des oculaires très-forts; car plus l'objet étoit agrandi par l'augmentation de la réfraction, plus l'image en paroiſſoit confuſe.

Si, au contraire, on ſuppoſe que la différence des diſperſions, dans différens milieux, ne ſuive pas le même rapport que la différence de leurs réfractions, il devient poſſible de former des priſmes qui déplacent l'image de l'objet par la réfraction, ſans la défigurer par la diſperſion.

En effet, ſuppoſons deux priſmes égaux de même angle, & formés d'un même milieu, que ces priſmes ſoient appliqués l'un contre l'autre, mais en ſens contraire, de façon que le dos de l'un réponde au tranchant de l'autre, il eſt évident que l'action de l'un & de l'autre ſur la lumière étant égale, & s'exerçant en ſens contraire, l'effet de l'un détruira l'effet de l'autre, & qu'il n'y aura ni réfraction, ni diſperſion; l'image ne ſera ni déplacée, ni altérée.

Mais les deux priſmes étant toujours

diſpoſés

diſpoſés de la même manière, ſi l'on ſuppoſe que l'un des deux ait une diſperſion beaucoup plus forte à proportion de ſa réfraction, & ſi, au lieu de donner aux deux priſmes le même angle, on donne à celui qui a la plus forte diſperſion, & dont la réfraction eſt ordinairement auſſi un peu plus forte, un angle un peu moindre, & tel qu'il le faut, pour que la réfraction en ſoit égale à celle de l'autre priſme, moins réfractif & moins diſperſif; il eſt évident encore qu'il n'y aura aucune réfraction, puiſque les réfractions des deux priſmes étant égales, & agiſſant en ſens contraire, l'une détruit l'autre : mais la diſperſion du priſme dont l'angle a été diminué étant plus forte que celle de l'autre priſme, moins diſperſif dans une proportion plus grande que ne l'étoit la réfraction du premier, la diminution de l'angle, qui a ſuffi pour rendre les deux réfractions égales, eſt inſuffiſante pour égaliſer la diſperſion des deux, & celle du priſme diminué conſervera encore aſſez de ſupériorité pour n'être compenſée qu'en partie par celle de l'autre priſme moins diſperſif, & pour reſter très-ſenſible. Il y aura donc diſperſion de couleur & décompoſition du rayon, ſans déplacement du centre de l'image, ou ſans réfraction proprement dite.

Si maintenant on diminue encore davantage l'angle du priſme le plus diſperſif, & qu'on le diminue au point que la diſperſion ne ſoit plus qu'égale à celle du priſme moins diſperſif; les deux diſperſions égales, agiſſant en ſens contraires, ſe détruiront; mais alors l'angle du priſme le plus diſperſif ſe trouvera trop diminué, pour que la réfraction qui en réſulte ſoit préciſément égale à celle du priſme le moins diſperſif; elle deviendra moindre, & dès-lors la réfraction du priſme le moins diſperſif étant ſupérieure, ne ſera que diminuée, & reſtera ſenſible. Il y aura donc, dans ce cas, réfraction & déplacement de l'image, ſans aucune diſperſion de couleur, ſans aucune décompoſition de la lumière.

Ces deux priſmes, de milieux inégalement réfractifs & plus inégalement diſperſifs, ainſi appliqués l'un à l'autre en ſens contraire, mais taillés à angles inégaux, de façon que les diſperſions ſoient exactement compenſées, & que la réfraction du milieu le plus réfractif devienne moindre, par la diminution de l'angle, que ne l'eſt la réfraction du milieu le moins réfractif; ces deux priſmes, dis-je, peuvent être conſidérés, quant à l'effet, comme un ſeul priſme compoſé de deux ſubſtances différentes, qui donne une réfraction ſenſible, & qui ne donne aucune couleur; c'eſt ce que j'appelle ún priſme compoſé achromatique, c'eſt-à-dire ſans couleur.

Maintenant, ſi on ſe rappelle ce que nous avons déjà remarqué, qu'une lentille, ou un objectif quelconque, n'eſt autre choſe qu'un aſſemblage de petits priſmes en nombre indéfini, dont les faces oppoſées ont autant d'inclinaiſons différentes que les plans tangens à chaque point de la lentille forment d'angles différens, que chacun de ces priſmes, par une ſuite de la courbure donnée à la lentille, eſt diſpoſé de façon que les rayons qui s'y briſent prennent chacun des directions différentes qui coïncident dans le foyer; on concevra que ſi les rayons, qui, en ſe briſant à travers ces priſmes, ſe décompoſent & rendent l'image confuſe, paſſoient enſuite à travers un autre ſyſtême de priſmes formés d'un milieu plus diſperſif, agiſſant en ſens contraire, & dont chacun fût diſpoſé préciſément comme il le faudroit pour que chaque priſme du milieu plus diſperſif détruiſît la diſperſion de chaque priſme, correſpondant du premier ſyſtême, en laiſſant ſubſiſter une partie de ſa réfraction, ces deux ſyſtêmes de priſmes formeroient enſemble un objectif, compoſé de deux verres différens, qui ſeroit achromatique, préciſément de la même manière que le priſme compoſé de deux verres différens eſt achromatique, l'image réſultante de la réunion de tous les rayons ſe formeroit avec une entière netteté, & ne ſeroit point défigurée par des franges teintes des couleurs de l'iris; on pourroit y appliquer les plus forts oculaires, ſans craindre de rendre l'objet confus, en le groſſiſſant trop.

Or, c'eſt préciſément ce qu'on exécute en combinant enſemble deux ou un plus grand nombre de verres d'une réfraction & d'une diſperſion différentes, & taillés ſuivant des courbures & des rayons, tels que les uns, en détruiſant entiérement l'effet de la diſperſion des autres, laiſſent ſubſiſter en partie l'effet de la réfraction.

Les plus illuſtres Mathématiciens de l'Europe ſe ſont occupés de déterminer les rapports les plus avantageux qu'on devoit donner aux courbures de ces différens verres, pour en former les meilleurs objectifs compoſés d'après les différentes inégalités, ſoit de réfraction, ſoit de diſperſion, obſervées entre les différens milieux réfringens, & leur travail a jeté un grand jour ſur cette partie intéreſſante de l'Optique.

Mais pour la perfectionner entiérement, & pour appliquer avec ſuccès à la pratique les théories qu'ont données les Géomètres, il faut que l'expérience détermine, avec une très-grande exactitude, les rapports des réfractions & des diſperſions des différens milieux tranſparens.

Cette détermination importante n'eſt pas ſans quelques difficultés, lorſqu'on veut y mettre toute la préciſion déſirable. J'ai cherché les moyens de les ſurmonter. J'ai appliqué ces moyens à un aſſez grand nombre de milieux tranſparens, tant ſolides que fluides, & j'ai raſſemblé, ſous la forme de Table, le rapport des réfactions & des diſperſions de toutes les ſubſtances que j'ai examinées à la réfraction & la diſperſion du verre de la Manufacture des Glaces de Saint-Gobin, que j'ai pris pour terme commun de comparaiſon.

En préſentant l'extrait de cette Table à l'Académie & au Public, comme le réſultat de mon travail, je dois rendre compte de la marche que j'ai ſuivie pour la former.

Elle eſt, comme on le voit, compoſée de trois colonne; l'une comprend le nom de chacun des milieux tranſparens, que j'ai juſqu'à préſent ſoumis à mes expériences.

Une ſeconde colonne énonce, vis-à-vis du nom de chaque ſubſtance, la réfraction qui lui eſt propre, ou le rapport qui a lieu pour cette ſubſtance entre le ſinus de l'angle de réfraction, & le ſinus de l'angle d'incidence du rayon; ce dernier ſinus eſt toujours exprimé par le nombre de cent, en ſorte que les nombres qui expriment les ſinus des angles de réfraction, font connoître, d'un coup-d'œil, les différences des réfractions de toutes ces ſubſtances, ſoit entre elles, ſoit avec le verre de Saint-Gobin, dont le ſinus de réfraction eſt exprimé par 155.

Enfin, la troiſième colonne énonce le rapport de la diſperſion de chacune des ſubſtances, compriſes dans la Table, avec la diſperſion qui a lieu dans le verre de Saint-Gobin, laquelle eſt toujours exprimée par le nombre cent.

La détermination de la réfraction n'a

pas paru aux Phyſiciens rencontrer autant de difficultés que celle de la diſperſion. En effet, le rapport du ſinus de l'angle de réfraction au ſinus de l'angle d'incidence, étant toujours le même dans chaque milieu tranſparent, quelle que ſoit l'incidence, on n'a beſoin que de meſurer ce rapport dans chaque ſubſtance ſéparément, & indépendamment de toute autre ; un ſeul priſme ſuffit pour cela, quel que ſoit l'angle que forment ſes deux ſurfaces ; pourvu qu'on connoiſſe cet angle & celui de l'incidence du rayon, l'on n'a plus qu'à meſurer le déplacement de l'image par la réfraction, ou, ce qui eſt la même choſe, la diſtance de l'image réfractée à l'image directe d'un rayon, qu'on peut aiſément faire paſſer à côté du priſme. On peut encore employer d'autres moyens ; par exemple, on peut, lorſqu'il s'agit d'une ſubſtance tranſparente, ſolide, taillée en forme de lentille ſur une courbure connue, & en meſurant la longueur de ſon foyer, en conclure la réfraction de cette ſubſtance. Mais dans toutes ces méthodes, on n'a jamais beſoin de mettre enſemble en expérience des priſmes de pluſieurs ſubſtances ; on opère ſucceſſivement ſur chaque ſubſtance iſolée ; on détermine la rapport des deux ſinus pour chacune en particulier ; & il ſuffit de raſſembler les réſultats de ces opérations ſucceſſives, pour voir la différence de la réfraction dans les différentes ſubſtances.

Il n'en eſt pas de même de la diſperſion, qui, conſidérée dans chaque milieu en particulier, ne préſente point un rapport entre deux termes qui ſoit facile à ſaiſir par l'expérience, & à exprimer en nombres.

Si tous les milieux tranſparèns avoient la même réfraction, celle, par exemple, du verre de Saint-Gobin, l'on pourroit toujours exprimer cette réfraction par le rapport des deux ſinus, de 100 à 155 ; mais ſi tous les milieux avoient la même diſperſion, l'on n'auroit aucun moyen d'exprimer cette diſperſion, à moins que, par une recherche très-délicate, on n'eſſayât de déterminer le rapport particulier des deux ſinus d'incidence & de réfraction pour chacune des couleurs priſmatiques. Entreprendre une pareille recherche ſur tous les milieux tranſparens ſucceſſivement, pour en comparer la diſperſion, ſeroit une choſe au deſſus, ſinon des forces, du moins de la patience humaine, & il eſt très-douteux qu'une voie auſſi longue pût procurer le degré d'exactitude dont on a beſoin ; il eſt beaucoup plus ſimple & plus court de regarder la diſperſion dans chaque milieu, comme une quantité abſolue qui n'a point de meſure en elle-même, & qu'on ne meſure que par la comparaiſon qu'on en fait avec une autre quantité du même genre. L'on n'énonce donc jamais la diſperſion que donne chaque milieu, pris en particulier & d'une manière iſolée, & l'on n'exprime que le rapport de la diſperſion d'un milieu à la diſperſion d'un autre milieu.

Dans la Table que je préſente à l'Académie, la diſperſion de toutes les ſubſtances eſt déſignée par ſon rapport avec celle que donne le verre de Saint-Gobin, exprimée, comme je l'ai déjà dit, par le nombre 100.

Pour déterminer la réfraction des ſubſtances fluides je me ſuis ſervi d'un moyen fort commode, & ſuſceptible d'une grande préciſion ; j'avois adapté au devant de l'objectif d'une lunette achromatique un priſme au vaſe priſmatique formé par deux plaques de verre inclinées ; ce priſme étoit ſéparé en deux priſmes égaux par une cloiſon placée au milieu parallèlement à ſes deux baſes, & qui coupoit en deux le champ de la lunette. Je rempliſſois une des deux moitiés du priſme avec de l'eau diſtillée, dont la réfraction eſt depuis longtemps connue, & facile d'ailleurs à déterminer. L'autre moitié étoit remplie avec le fluide dont je voulois connoître la réfraction. Je pointois enſuite la lunette ſur une planche placée à une diſtance que j'avois meſurée avec ſoin. Cette planche étoit diſpoſée en triangle rectangle, dont le petit côté étoit horizontal, & le grand côté perpendiculaire. La ſurface en étoit couverte de papier blanc, ſur lequel on avoit tracé, de pouce en pouce, de fortes lignes noires, horizontales, ou parallèles au petit côté. Ces lignes étoient accompagnées d'un chiffre. Les deux fluides, contenus dans les deux parties du priſme, n'ayant pas une égale réfraction, faiſoient voir dans la lunette deux images de la planche, dont l'une paroiſſoit plus élevée que l'autre; au moyen de la forme triangulaire, les lignes noires, marquées ſur ces deux images, débordoient aſſez l'une ſur l'autre, pour qu'on pût aiſément compter de combien d'intervalles de lignes l'image ſupérieure s'élevoit au deſſus de la pointe de l'image inférieure; & comme les lignes étoient eſpacées à un pouce l'une de l'autre; il étoit aiſé d'en conclure, par le calcul, quelle étoit la différence de la réfraction des deux fluides.

Cette méthode n'eſt pas auſſi aiſément applicable aux priſmes de matière ſolide, & elle ſeroit preſque impraticable pour certaines ſubſtances dont on ne peut ſe procurer que de très-petits échantillons, à peine ſuſceptibles d'être taillés en priſme. Telles ſont la plus grande partie des pierres précieuſes, & ſur-tout le diamant; tels ſont même certains verres de compoſitions extaordinaires, qui ſont ou mal fondus, ou mal recuits, & dont, par cette raiſon, l'on ne peut recueillir que de petits éclats aſſez diaphanes, pour les ſoumettre à l'expérience. Voici le procédé que je ſuis pour éprouver la réfraction de ces ſubſtances.

Je prends une plaque de cuivre percée de deux petits trous diſtans l'un de l'autre d'une demi-ligne, c'eſt-à-dire, aſſez voiſins, pour qu'en appliquant un œil, je puiſſe voir à la fois par les deux ouvertures. J'applique ſur un des trous le petit priſme dont je cherche à connoître la réfraction. Alors, ſi je regarde, à travers les deux trous à la fois, la flamme d'une bougie, l'image de cette flamme me paroîtra double, puiſque je vois par un des trous l'image réfractée de la bougie, & que par l'autre je vois directement la bougie elle-même. L'écartement entre les deux images eſt l'effet de la réfraction du priſme. Pour avoir la meſure préciſe de cet écartement, & de la réfraction qui le cauſe, au lieu d'une ſeule bougie, j'en allume deux, que je place à la diſtance d'une toiſe, ou à toute autre diſtance connue. Alors, en les regardant à travers la plaque de cuivre, je vois communément quatre images; mais en m'éloignant ou me rapprochant, j'arrive à un point où les quatre images ſe réduiſent à trois, c'eſt-à-dire, au point où l'image directe de la bougie, qui eſt à gauche, coïncide préciſément avec l'image réfractée de la bougie qui eſt à droite, ou réciproquement. Il eſt évident qu'alors l'image réfractée de la bougie droite eſt portée par la réfraction au même point où la vue directe me fait voir la bougie gauche, & autant écartée de l'image directe de la bougie droite, que les images directes des deux bougies ſont écartées l'une de l'autre. L'écartement apparent des images eſt donc alors préciſément égal à la diſtance réelle des deux bougies, & je n'ai plus qu'à meſurer la diſtance à laquelle j'étois placé des deux bougies,

& à réſoudre le triangle que formoit mon œil avec elles, pour en conclure avec une très-grande préciſion l'angle de réfraction qui a produit l'écartement des images.

C'eſt par cette méthode que j'ai trouvé qu'un diamant, taillé en priſme de cinq degrés, donne une réfraction de 8° 51′, tandis qu'un verre du même angle n'en donne qu'une de deux degrés 38′; j'avois, dès l'année paſſée, éprouvé avec M. de Montigny, cette prodigieuſe réfraction ſur un diamant, dont l'angle eſt d'environ 230, & dont nous avons trouvé la réfraction de 35° 40′.

Je paſſe aux moyens qui m'ont ſervi à meſurer, avec une préciſion au moins égale, les différentes diſperſions dont j'indique les rapports dans ma Table.

Il ne ſe préſente que deux moyens poſſibles de comparer la diſperſion, produite par les différens milieux tranſparens; l'un plus directe, & qui conſiſte à ſe procurer deux priſmes abſolument ſemblables des deux milieux, à les placer exactement dans les mêmes circonſtances, & à meſurer l'étendue du ſpectre coloré que donne chacun de ces deux priſmes. S'il étoit impoſſible de ſe procurer deux priſmes abſolument ſemblables, & ſemblablement placés, il faudroit tenir compte de l'inégalité, ſoit dans les angles des priſmes, ſoit dans les circonſtances, pour pouvoir, d'après l'expérience faite ſur des priſmes inégaux, en conclure, par le calcul, l'effet qui auroit eu lieu dans le cas de l'égalité. Mais indépendamment de la difficulté, aſſez conſidérable, de s'aſſurer, avec une exactitude ſuffiſante, ſoit de l'égalité abſolue des priſmes & des circonſtances, ſoit du degré précis de leur inégalité, cette méthode a un inconvénient plus grand encore, & qui empêchera toujours d'obtenir par elle aucun réſultat certain & précis : cet inconvénient tient à la nature même du ſpectre ſolaire, qu'on prétendroit meſurer. Ce ſpectre ne ſe termine point d'une manière nette. Les faiſceaux colorés qui le compoſent, n'ont une couleur bien décidée qu'à leur centre; à meſure qu'ils s'en écartent, ils ſe dégradent par une foule de nuances imperceptibles; par l'effet de cette dégradation, les deux faiſceaux qui forment l'extrémité du ſpectre, ſont bordés par une eſpèce de pénombre plus ou moins claire, plus ou moins étendue, ſuivant que la lumière a plus ou moins d'intenſité, que la chambre où l'on fait l'expérience eſt plus ou moins obſcure, que l'œil de l'Obſervateur eſt plus ou moins fort, plus ou moins fatigué, plus ou moins attentif, toutes circonſtances auſſi variables qu'inappréciables, & qui rendent phyſiquement impoſſible de s'aſſurer de l'étendue préciſe du ſpectre produit par chaque milieu ; cette méthode ne peut donc donner que des réſultats très-groſſiers, & dont on ne pourroit faire aucun uſage.

L'autre moyen de comparer les diſperſions ſemble, au premier coup-d'œil, moins direct ; il conſiſte à faire paſſer le rayon de lumière, ou à regarder un objet éclairé à travers deux priſmes de différens milieux, placés en ſens contraires, & dont les angles aient le degré d'inégalité néceſſaire, pour que la diſperſion de l'une détruiſe entiérement celle de l'autre. L'Obſervateur n'a beſoin que de s'aſſurer que l'image de l'objet qu'il regarde lui paroît nette, bien terminée, & ſans frange colorée ſenſible ; il eſt facile enſuite de connoître, par le rapport des deux angles, le rapport des deux diſperſions ; cette méthode peut ſeule donner quelque préciſion dans les réſultats, & c'eſt la ſeule à laquelle les Phyſiciens ſe ſoient arrêtés.

On ſent l'impoſſibilité de tailler & de retailler continuellement des priſmes, ou de s'en procurer un aſſez grand nombre de toutes ſortes d'angles, pour ſe flatter de rencontrer le rapport précis entre les angles des deux priſmes, qui ſeul peut anéantir la diſperſion. Cette méthode exige donc abſolument qu'on puiſſe varier à volonté l'angle d'un des deux priſmes qu'on veut comparer. Nous avons déjà vu que les Phyſiciens avoient rempli ce but, en employant un priſme fluide, renfermé entre deux plaques de verre mobiles, & auxquelles on pourroit par conſéquent donner toutes les inclinaiſons poſſibles. C'étoit déjà un très-grand pas; car, quoiqu'on ne puiſſe pas, par ce moyen, comparer directement entre elles les diſperſions de deux milieux ſolides, il eſt toujours aiſé d'en trouver le rapport, en les comparant ſucceſſivement à la diſperſion du même milieu fluide, de l'eau diſtillée, par exemple, qu'on peut prendre pour terme univerſel de comparaiſon. Il faut avouer cependant qu'il eſt difficile de meſurer avec une très-grande exactitude l'angle que forment les deux plaques de ce priſme variable, dont le parallèliſme eſt ſouvent imparfait; le centre ſur lequel elles ſont mobiles, mal déterminé, & dont l'écartement néceſſairement meſuré par un arc d'un très-petit rayon. Le degré de préciſion, auquel on peut atteindre par cette méthode, eſt donc encore aſſez médiocre; les rapports de diſperſion qu'elle donne ont encore un certain degré d'indétermination; & lorſque celle de deux milieux ne differe que très-peu, cette méthode eſt abſolument inſuffiſante pour reconnoître, & ſur-tout pour meſurer cette différence.

M. Clairaut imagina, en 1761, le moyen de ſe procurer des priſmes variables avec les matières ſolides : il conſiſtoit à tailler en cylindre une des faces de ſes priſmes, ou, ce qui eſt la même choſe, à ſubſtituer au priſme un ſegment, ou la moitié d'un ſegment de cylindre. Le cercle étant regardé comme un polygone d'une infinité de côtés, & par conſéquent le cylindre comme un priſme d'une infinité de faces, chaque ligne ou bande, ſur la longueur du cylindre, forme, avec la face plane oppoſée, un priſme dont l'angle eſt égal à celui que forme avec cette face le plan ſuppoſé tangent à cette ligne; par conſéquent, en faiſant tourner plus ou moins le ſegment cylindrique, pour préſenter ſucceſſivement ſes différentes bandes au rayon de lumière, on ſe procure des priſmes, dont on fait varier l'angle à volonté.

Cette conſtruction eſt très-ingénieuſe, & digne par-là de l'illuſtre Géomètre à qui on la doit ; mais il faut avouer qu'il n'eſt guere plus aiſé de meſurer le degré précis de l'angle qu'on donne au priſme cylindrique, en inclinant plus ou moins ſa ſurface plane, que la grandeur de l'angle qu'on donne aux plaques du priſme fluide, en les écartant plus ou moins : cette méthode n'a donc aucun avantage du côté de la préciſion de l'angle, & elle a de plus un déſavantage particulier, qui vient de ce que la diſperſion de la lumière ne s'y fait pas auſſi réguliérement que dans un priſme à deux faces planes. En effet, la ligne, ſur la longueur du cylindre, ne peut être conſidérée comme la face plane d'un priſme, qu'autant qu'elle eſt abſolument ſans largeur : dès qu'on lui ſuppoſe une largeur ſenſible, ce n'eſt plus un ſimple priſme à deux faces planes qu'on a, c'eſt un aſſemblage de priſmes, qui tous ont des angles différens, & donnent par conſéquent à la lumière une diſperſion différente. Il faudroit donc n'introduire la lumière ſur le cylindre que par une fente, ſi petite dans le ſens de l'arc, qu'elle ſe confondît ſenſiblement avec la ligne droite, ſauf à lui donner la longueur qu'on voudroit dans le ſens de l'axe du cylindre; mais ſi on rend cette fente ſi exceſſivement étroite, la décompoſition des couleurs pourra être réelle, & n'être pas obſervable, faute d'une clarté ſuffiſante; tandis que ſi la fente au contraire eſt aſſez large pour laiſſer paſſer plus de clarté, il ſera impoſſible de détruire entièrement la diſperſion, puiſqu'un ſeul des priſmes infiniment petits, compris dans la fente, a l'inclinaiſon néceſſaire pour détruire cette diſperſion, & que les priſmes voiſins ont, par la courbure du cylindre, une inclinaiſon différente.

Un Religieux, nommé le Pere Abat, crut, quelque temps après, perfectionner l'idée de M. Clairaut, en propoſant de ſubſtituer au ſegment de cylindre, un ſegment de ſphère; il trouvoit dans ce changement un grand avantage, par la facilité de l'exécution : en effet, autant il eſt difficile de tailler parfaitement un ſegment cylindrique, autant il eſt aiſé de tailler un ſegment de ſphère; il ne s'agit que de former dans un baſſin un verre de lunette plan convexe, opération qu'exécute tous les jours le moindre Lunettier. Mais, bien loin de gagner d'ailleurs pour la facilité de l'obſervation, la conſtruction du Pere Abat enchériſſoit encore ſur l'inconvénient de celle de M. Clairaut, dans le ſegment cylindrique : ſi l'on eſt obligé de rétrécir exceſſivement le paſſage de la lumière dans le ſens de l'arc, on peut du moins lui laiſſer une longueur illimitée dans le ſens de l'axe ; mais dans le ſegment ſphérique, il faut reſſerrer le paſſage de la lumière dans tous les ſens ; chaque petit priſme n'a, pour ainſi dire, que l'étendue d'un point mathématique ; la décompoſition de la lumière y eſt donc ou encore plus inobſervable, ou encore plus indeſtructible que dans le priſme de M. Clairaut.

Auſſi quelques Phyſiciens, qui ont voulu employer dans leurs expériences cette conſtruction du Pere Abat, ont-ils été entraînés par elle dans une erreur très-importante, n'ayant pas fait attention que la lumière tombant ſur une portion ſenſible, & par conſéquent ſenſiblement courbe de leur ſegment ſphérique, paſſoit effectivement par différens priſmes ; que ces priſmes ayant tous des angles différens, ne pouvoient être rendus tous à la fois achromatiques, par leur combinaiſon avec un ſeul priſme d'un autre milieu; & voyant toujours des couleurs, quelque inclinaiſon qu'ils donnaſſent à leur ſegment, ils ont conclu qu'il étoit impoſſible de les détruire entièrement, & que lorſqu'on parvenoit à détruire les couleurs extrêmes du ſpectre, les couleurs intermédiaires reparoiſſoient, & réciproquement. Cette erreur, ſi elle avoit pu s'enraciner, auroit été funeſte aux progrès de cette partie de l'optique, car elle auroit fait perdre toute eſpérance de faire jamais des objectifs parfaitement achromatiques. Mais les expériences que j'ai faites, me mettent en droit d'aſſurer qu'on peut toujours, avec deux priſmes de différens milieux, détruire toute diſperſion de couleur, & que les couleurs extrêmes paroiſſent ou diſparoiſſent toujours en même temps que les intermédiaires.

J'en ai dit aſſez, pour faire ſentir le peu d'utilité qu'on peut retirer de l'eſpèce de priſme variable, propoſé par le Pere Abat, & même de celui qu'avoit imaginé M. Clairaut.

J'ai propoſé à l'Académie, au mois de Février 1776, la conſtruction d'un priſme variable de matières ſolides, fondé ſur un principe différent, & qui m'a paru réunir un très-grand nombre d'avantages.

Elle conſiſte à placer l'un ſur l'autre deux priſmes égaux, de façon que les plans qui paſſent par les deux axes de leurs baſes, & qui les coupent en deux ſur leur longueur, ſoient parfaitement parallèles, & à rendre ces deux priſmes mobiles circulairement ſur leur centre.

Quand ces deux priſmes ſont diſpoſés en ſens contraire, de façon que le dos de l'un réponde au tranchant de l'autre, on ſait qu'il n'y a ni réfraction, ni *diſperſion*, & que le priſme compoſé des deux doit être regardé comme un parallélipipede : quand, au contraire, les deux dos des priſmes & leurs deux tranchans ſont du même côté, chaque priſme produit tout ſon effet, & l'action des deux enſemble eſt égale à la ſomme des actions des deux priſmes pris ſéparément, c'eſt-à-dire, double lorſque les deux priſmes ſont égaux. Or, je puis placer à volonté mes deux priſmes, ſuperpoſés dans l'une ou l'autre de ces ſituations ; il ſuffit, pour cela, de leur faire décrire, par leur mouvement circulaire, une demi - circonférence ou 180 degrés. Si je continue le mouvement, je les ramène, lorſque la révolution entière eſt achevée, à leur première ſituation; mais il n'eſt pas moins évident que ces deux priſmes ne peuvent parcourir d'un côté ou de l'autre la demi-circonférence ou 180 degrés, ſans paſſer par tous les degrés intermédiaires, & ſans que le priſme compoſé qui en réſulte devienne ſucceſſivement équivalent, quant à l'effet, à tous les priſmes de tous les angles poſſibles, depuis zéro juſqu'à la ſomme des angles des deux priſmes. J'ai donc un priſme variable à volonté dans tout cet intervalle : il eſt très-facile de déterminer l'angle du priſme auquel correſpond mon priſme compoſé, à chaque poſition que je donne aux deux priſmes, dans l'intervalle de zéro à 180 degrés : je n'ai donc beſoin que d'obſerver l'arc que j'ai fait décrire à un de mes deux priſmes, pour les écarter de leur première poſition, ce qui eſt fort aiſé, en les montant ſur deux cercles de cuivre concentriques entre eux, & avec les mouvemens des priſmes.

Un de ces cercles porte une diviſion ſur ſon limbe, l'autre une ſeconde diviſion, ou un index : je peux rendre la diviſion très-ſenſible, en donnant à mes cercles un rayon un peu grand, & je peux me procurer une préciſion encore plus grande, en y adaptant un nonius ou vernier. Pour être ſûr de la parfaite égalité dans l'angle de mes deux priſmes, j'emploie un moyen auſſi ſûr qu'il eſt ſimple; je travaille un ſeul priſme de grandeur ſuffiſante, que je coupe enſuite en deux.

Outre l'avantage de me procurer des priſmes variables dans tous les degrés poſſibles, & d'en connoître les angles, avec une préciſion fort ſupérieure à celle qu'on pourroit obtenir dans les autres méthodes, je trouve dans ma conſtruction un autre avantage ineſtimable, c'eſt la facilité de placer ce priſme devant un téleſcope, d'obſerver ainſi les effets du priſme, groſſis par toute la force amplifiante qu'on peut donner aux téleſcopes, & de rendre par-là ſenſibles dans la réfraction ou la diſperſion, des différences qui juſqu'ici avoient néceſſairement échappé à tous les Obſervateurs.

Je me ſuis hâté de mettre à profit un ſi grand avantage, & de conſtruire, en combinant mon nouveau priſme avec le téleſcope, l'inſtrument le plus propre à meſurer la diſperſion des couleurs dans chaque milieu tranſparent; c'eſt cet uſage que j'ai tâché d'exprimer, en donnant à mon inſtrument le nom de diaſporamètre chromatique, ou ſimplement, pour abréger, de diaſporamètre.

Ce diaſporamètre n'eſt autre choſe, comme je viens de le dire, que mon priſme variable à mouvement circulaire, placé devant l'objectif d'une bonne lunette achromatique : la mécanique qui ſert à faire tourner circulairement les priſmes, pour faire varier à volonté l'angle que repréſente leur poſition, eſt très-ſimple ; elle diffère très-peu de celle qui ſert à mouvoir circulairement le miroir du microſcope ſolaire ; mécanique trop connue, pour qu'il ſoit beſoin de la décrire ici. Je me borne à obſerver que les deux cercles de cuivre, qui aſſujettiſſent les deux priſmes, & qui ſe meuvent avec eux, ſont diviſés en 360°, pour faire connoître la poſition reſpective de ces deux priſmes, & ſervir à déterminer l'angle du priſme compoſé qui réſulte de cette poſition.

Entre le priſme variable & l'objectif de ma lunette, j'ai pratiqué une couliſſe deſtinée à recevoir & à retenir les priſmes de toutes les ſubſtances tranſparentes, dont je veux comparer la diſperſion à celle du verre ordinaire de Saint-Gobin.

C'eſt ce verre que j'ai pris pour terme commun de comparaiſon, & mes deux priſmes qui compoſent mon priſme variable en ſont formés; ils ont chacun cinq degrés; ainſi les 180 degrés que je leur fais parcourir, pour les mettre dans une poſition diamétralement oppoſée, me donnent tous les angles poſſibles depuis zéro juſqu'à 10 degrés. Cela m'a paru ſuffiſant pour déterminer la diſperſion de toutes les ſubſtances connues, ſur-tout l'effet des priſmes étant rendu plus ſenſible par le téleſcope; des priſmes de plus grands angles auroient été trop difficiles à comparer avec ceux de certaines ſubſtances, dont il ſeroit impoſſible de ſe procurer des priſmes d'un grand angle.

Je tâche de donner auſſi aux priſmes des différentes matières dont je veux comparer la diſperſion avec celle du verre de Saint-Gobin, des angles de cinq degrés, ou à peu près. J'ai toujours la précaution de faire tailler avec les priſmes que je veux éprouver, & par la même opération, un priſme de verre de Saint-Gobin, dont la diſpoſition m'étant connue, me ſert de terme de comparaiſon. Communément je fais tailler enſemble des priſmes de pluſieurs matières, qui, par ce moyen, ont tous le même angle, & le même que le priſme de Saint-Gobin taillé avec eux, & que je leur compare.

L'uſage de cet inſtrument eſt très-ſimple : je place dans la couliſſe entre l'objectif & le priſme variable, le priſme dont je veux déterminer la diſperſion ; regardant enſuite à travers la lunette & les priſmes un papier blanc bien éclairé, je varie la poſition ou l'angle du priſme variable, juſqu'à ce que l'image du papier me paroiſſe parfaitement diſtincte & ſans frange de couleur. Je prends ſur le limbe l'écartement des deux priſmes mobiles, j'en conclus l'angle du priſme variable ; & par conſéquent le rapport de la diſperſion de la matière que j'éprouve a la diſperſion du verre.

C'eſt par une méthode ſi ſimple, que j'ai déterminé les diſperſions de toutes les ſubſtances indiquées dans ma Table ; je ne crois pas néceſſaire d'en faire la lecture, le Public l'a ſous les yeux, & chacun peut aiſément la parcourir ; je me contenterai d'indiquer quelques réſultats aſſez intéreſſans de mon travail.

Un de ceux qui m'a le plus ſurpris, & qu'on n'auroit jamais pu reconnoître par une autre méthode, c'eſt l'inégalité de la diſperſion entre les deux réfractions que donnent différens criſtaux ou pierres tranſparentes ; toutes celles que j'ai examinées, à l'exception du diamant & du ſpath phoſphorique, ont une double réfraction, & les objets vus à travers un priſme de ces matières, paroiſſent doubles.

Or, ces deux images, données par le même criſtal, ne ſont pas ſeulement différemment déplacées par la réfraction, elles ſont encore inégalement colorées par la diſperſion : prenez, par exemple, un priſme de criſtal d'Iſlande, de cinq degrés, & placez-le dans la couliſſe du diaſporamètre, vous éteindrez les couleurs d'une des images, en donnant au priſme variable un angle de 5° 4′ ; mais celles de l'autre image ſubſiſteront : pour les détruire, il faut donner au priſme variable un angle de 7° 50′, qui fera reparoître les couleurs de la première ; ainſi le rapport des angles, & par conſéquent celui des diſperſions de couleurs, ſe trouve dans les deux réfractions du criſtal d'Iſlande, comme 30 à 46, à peu près comme 2 à 3 ; & les deux ſpectres, formés par la double réfraction de ce criſtal, ont une inégalité auſſi grande que celle qui eſt entre le verre commun & le flintglaſſ; l'inégalité eſt moindre dans les autres criſtaux.

Le diamant, dont la puiſſance réfractive eſt ſi prodigieuſe, n'a pas une force diſperſive, à beaucoup près proportionnée, puiſqu'elle n'eſt à celle du verre que dans la proportion de 195 à 100, c'eſt-à-dire à peu près double, tandis que la force réfractive eſt preſque quadruple.

On peut voir encore dans la Table, que la ſubſtance qui donne la plus grande diſperſion, eſt celle que les Emailleurs vendent ſous le nom de verre d'or, & qui ſert pour les émaux rouges; il entre en effet de l'or dans ſa compoſition.

Les ſubſtances qui montrent au contraire la moindre diſperſion, ſont un verre qui m'a été donné par M. le Comte de Sickingen, & dont j'ignore la compoſition, & un verre fait avec du ſable & du borax, qui m'a été donné par M. d'Arcet.

En communiquant à l'Académie ce travail, déjà intéreſſant, & peut-être ſuffiſant pour le but que je me ſuis propoſé, par rapport au perfectionnement de la dioptrique, je ne diſſimule pas que ſi on l'enviſage du côté des vûes que préſente la partie phyſique de l'optique, on ne peut le regarder que comme une ſimple ébauche. Il me reſte une foule d'expériences à faire, non ſeulement pour déterminer les réfractions & les diſperſions d'une multitude de ſubſtances, ſoit ſolides, ſoit fluides, en particulier celles des différentes eſpèces d'airs, dont la découverte a ſi fort occupé les Phyſiciens depuis quelques années ; mais encore pour ſuivre les variétés dans les réfractions, & les diſperſions des ſubſtances de différentes natures, plus ou moins peſantes ſpécifiquement, contenant plus ou moins de ſels ou de matières métalliques, plus ou moins chargées ou dégagées du principe de l'inflammabilité. Mais ſi l'Académie daigne encourager mon travail par ſon approbation, je me livrerai, avec courage, à ſuivre cette carrière auſſi loin que mes forces me le permettront.

TABLE *de la réfraction & de la diſperſion meſurée par le diaſporamètre dans differentes ſubſtances ; celles qui ont une double réfraction ſont indiquées par un aſtériſque.*

RAPPORT du ſinus de réfraction à celui d'incidence, qu'on ſuppoſe être toujours de mille parties lorſque la lumière paſſe d'une ſubſtance quelconque dans l'air.

	Réfraction.	Diſperſion.
Verre de Saint-Gobin…………	1543	100
Crownglaſs…………………	1549	99
Verre de borax, fait par M. Rouelle. .	1594	80
—— d'antimoine, fait par M. d'Arcet.	1571	132
—— d'or ſervant à la couleur rouge de l'émail………………	1715	193
Flintglaſs, peſant 1260 grains le pouce cube……………………	1613	152
Flintglaſs, ne peſant que 1196 grains.	1692	145
Straſs……………………	1630	162
Verre fait par M. Sage…………	1581	99
PIERRES NATURELLES.		
Le diamant…………………	2755	192
* Le péridot…………………	1830	
* Le criſtal de roche…………	1561	81
	1575	83
* Le criſtal d'Iſlande…………	1562	113
	1625	156
* Giſpe de Montmartre………	1580	

	Réfraction.	Diſperſion.	Degrés du thermometre de Réaumur.
FLUIDES.			
Eau diſtillée............	1333	67	13°
Eſprit-de-vin rectifié......	1378		
Eſprit de nitre fumant....	1412	103	
Nitre de zinc...........	1442	111	
—— de plomb.........	1373	89	
—— d'antimoine.......	1362	90	
—— mercuriel.........	1384	92	
—— mercuriel, avec défaut d'acide..........	1403	152	
—— de biſmuth........	1440	129	
—— de cuivre.........	1385		
—— d'arſenic..........	1433		
—— de cobalt.........	1356		
Sel nitreux de fer........	1356		
Diſſolution de nitre......	1349		
——— de nitre quadrangulaire..............	1375		
——— de nitre à baſe de Magnéſie............	1375		
——— de vitriol de fer factice..............	1364		
——— de vitriol de cuivre.	1362		
——— de vitriol de zinc du commerce.........	1394	81	
——— de vitriol de zinc factice..............	1394	......	13°
Tartre vitriolé pur.......	1349	60	
Diſſolution vitriolique de régule d'antimoine.....	1336		
——— de vitriol de mercure...............	1394		
——— de vitriol de biſmuth...............	1369		

vitriol,

	Réfraction.	Diſperſion.	Degrés du thermometre de Réaumur.
Vitriol d'étain	1418		
—— de plomb	1407		
Huile de vitriol diſtillée...	1430		
—— de vitriol concentrée.	1420		
—— de vitriol noir	1460		
Eſprit de vitriol.........	1376		
Vitriol de zinc..........	1396		
—— de cobalt.........	1350		
Sel marin de plomb......	1339	......	11°
—— d'étain	1350		
—— de régule d'antimoine...........	1338		
—— de zinc.........	1358		
—— à baſe calcaire...	1413		
—— à baſe de magnéſie.	1371	......	10°
—— à baſe d'argille.	1380		
Eau ſaturée de ſel marin..	1375	82	
Diſſolution de ſel ammoniac vitriolique...........	1394		
—— de ſel ammoniac nitreux..............	1387		
—— de ſel ammoniac..	1382	90	
—— de ſel ammoniac acéteux..............	1339		
—— de ſel ammoniac tartareux............	1351		
—— de ſel d'epſom d'Angleterre..........	1350		
—— de ſel de ſoude...	1352		
—— de ſel acéteux de ſaturne..............	1338		
—— de ſel acéteux calcaire...............	1339		
—— de ſel ſédatif....	1339		

	Réfraction.	Diſperſion.	Degrés du thermometre de Réaumur.
——— de ſel végétal....	1358		
——— de ſel d'oſeille....	1335		
——— de ſel de ſeignette.	1351	......	10°
——— de ſel martial naturel................	1369		
Sel de Glauber..........	1347	65	
— ſéléniteux...........	1335		
Diſſolution de ſel fébrifuge de Silvius............	1364		
Leſſive de ſel fixe de tartre.	1377		
Diſſolution d'arſenic.....	1334		
Sublimé corroſif.........	1335		
Diſſolution d'alun pur....	1338		
Alkali volatil cauſtique....	1349		
Diſſolution d'alkali fixe de tartre...............	1375		
——— d'alkali volatil concret...............	1383		
——— de magnéſie cauſtique................	1335		
——— de tartre ſtibié...	1334		
Eau de chaux...........	1334		
Diſſolution de borax.....	1335		
Terre foliée de tartre.....	1335		
—— foliée de ſoude.....	1339		
Vinaigre diſtillé.........	1335	......	10°
Diſſolution de crême de tartre...............	1334		
Eau légérement teinte de tourneſol............	1333		

DESCRIPTION

D'UNE MACHINE A GRAVER.

ON ſait combien il eſt utile dans les Arts, de ſubſtituer une machine à la main d'un Ouvrier. On gagne toujours beaucoup pour la promptitude, & très-ſouvent pour la perfection du travail: cette conſidération m'a engagé à chercher une machine propre à graver les caractères. J'y trouvois pluſieurs avantages, dont les principaux ſont la diminution du prix de la gravure, & l'économie de ne tirer que la quantité néceſſaire de copies. Enfin, dans les Ouvrages les mieux exécutés au burin, les caractères n'ont ni l'égalité, ni la belle diſpoſition qu'on admire dans quelques éditions imprimées: on ne peut même ſe flatter d'y parvenir que par une machine. Il ne faut pas regarder le moyen de graver les livres, comme uniquement borné à ſatisfaire un goût frivole; la diminution du prix de la gravure eſt un objet important, pour les planches qui ont rapport aux Sciences & aux Arts, & ſur-tout pour les Plans &

pour les Cartes de Géographie & d'Aſtronomie, ſur leſquelles on graveroit non ſeulement les lettres, mais les différens ſignes qui déſignent ou les lieux de différentes eſpèces, ou les étoiles de différentes grandeurs.

Il y a des Ouvrages qui, par leur nature, conviennent à très-peu de perſonnes, & dont les fautes d'impreſſion ſont de grande importance; tels ſont, en général, les Ouvrages de Mathématiques, principalement ceux qui renferment de l'Analyſe ou des Tables. Si le prix de la gravure n'étoit pas ſi ſupérieur à celui de la compoſition en Imprimerie, il ſeroit & fort commode & très-économique de graver ces Ouvrages & d'en garder les planches, afin de n'en tirer des exemplaires qu'au beſoin.

On pourroit de même employer la gravure pour des états, des mémoires, dont on doit donner des copies à ceux qui occupent ſucceſſivement certains emplois; & ſi la gravure ſe faiſoit avec aſſez de facilité & de célérité, par le moyen d'une machine portative, elle ſeroit préférable à l'Imprimerie, pour l'impreſſion d'un ordre, d'une relation, d'une inſtruction, dont il ſeroit important de multiplier promptement les copies; car une Imprimerie, deſtinée à n'imprimer même qu'un très-petit nombre de pages, tient beaucoup de place, à cauſe de ſes acceſſoires, & eſt d'un tranſport peu commode. Enfin, dans les Colonies, & ſurtout dans les armées de terre & de mer, cette machine à graver n'auroit pas, comme l'Imprimerie, l'inconvénient de ne pouvoir être employée que par un homme d'une profeſſion particulière; d'ailleurs il ſeroit facile de la diſpoſer de manière que ſes opérations n'euſſent aucun dérangement à redouter de l'agitation du vaiſſeau, avantage qu'il me paroît difficile de procurer à l'Imprimerie.

Tels ſont les motifs qui m'ont déterminé à m'occuper de la machine que j'ai l'honneur de préſenter à l'Académie, & dont je donne à la fin de cet Ouvrage les deſſins.

Elle conſiſte en deux roues de cuivre poſées l'une ſur l'autre, & ſéparées par pluſieurs piliers, d'un pouce ou deux de hauteur; ces deux roues, avec leur intervalle, ſont équivalentes à une ſeule roue d'environ trois pouces d'épaiſſeur; ainſi, pour ſimplifier ma deſcription, je ne les conſidérerai déſormais que comme une roue qui ſe meut librement ſur ſon axe.

Cette roue eſt percée, vers ſa circonférence, d'un grand nombre de trous carrés ; ces trous ſont les caſes ou coulans d'autant de poinçons d'acier, faits en forme de parallèlepipede, ſur leſquels ſont gravés les lettres ou caractères ; chaque poinçon gliſſe dans ſa caſe ou coulant de haut en bas : c'eſt afin qu'il n'ait aucun mouvement dans les ſens latéraux, qu'il eſt important que la roue ait de l'épaiſſeur, & que les poinçons & leurs caſes ſoient bien calibrés ; chaque poinçon tient à un reſſort qui le ſoulève, de manière que, dans cet état, la roue, armée de ſes caractères, peut tourner librement ſur ſon axe ; & ſi on la fait mouvoir, on verra les poinçons ſe préſenter ſucceſſivement ſous une vis de preſſion. Cette vis de preſſion eſt fixée, de la manière la plus ſolide, ſur le ſupport de la machine, de ſorte qu'une planche de métal, ſoit de cuivre ou d'étain, placée ſous cette vis de preſſion, recevra l'empreinte de tous les poinçons, à meſure qu'on les fera paſſer ſous la preſſe pour leur en faire ſubir l'action.

Or, puiſque la preſſe eſt fixe, chaque

empreinte ſera détruite en partie, ou en totalité, par celle qui la ſuit, ſi la planche reſtoit immobile; par conſéquent, il faut que la planche deſtinée à recevoir l'impreſſion, puiſſe ſe mouvoir en deux ſens; l'un qui ſert à déterminer l'intervalle des lettres, & à former les lignes; l'autre mouvement, qui doit être plus ſimple que le précédent, parce qu'il eſt toujours conſtamment le même dans tout un livre, ſert à faire l'intervalle des lignes, & à former les pages.

On conçoit facilement qu'il ſeroit long de chercher, à la circonférence de la roue, le caractère qui doit être conduit ſous la preſſe, parce qu'on eſt obligé de répéter cette opération autant de fois qu'il y a des caractères dans un Ouvrage. J'ai conſidérablement diminué la longueur & l'embarras de cette opération, en plaçant ſûr l'axe de la grande roue qui porte les poinçons, une petite roue qui a environ quatre pouces de diamètre, & dont les dents engrainent dans une crémaillère, à laquelle eſt attachée une règle qui ſe meut entre deux couliſſes. Cette règle me donne le développement en ligne droite de la roue dentée qui la fait mouvoir, & m'indique celui de la grande roue qui porte les poinçons ; car ces deux roues étant concentriques, le développement de la roue dentée, dont le diamètre a été déjà ſuppoſé d'environ quatre pouces, préſentera dans un petit eſpace, qui eſt, dans cet exemple, d'un pied, le tableau fidèle de la poſition reſpective des poinçons, à l'égard de la vis de preſſion. Il ſuffit, pour obtenir cet effet, de placer un index fixe vis-à-vis de la règle mobile, qu'on diviſera de la manière ſuivante. On amènera le poinçon ſur lequel eſt gravée la premiere lettre de l'alphabet, au centre de la vis de preſſion ; on tracera enſuite ſur la règle mobile une diviſion, à laquelle il faut ajouter la figure de la lettre, pour pouvoir la reconnoître : l'index, dont j'ai déjà fait mention, étant placé vis-à-vis & au deſſus de cette première diviſion, ſervira à mettre ſous la vis de preſſion le poinçon, ou plutôt le caractère qui correſpond à la diviſion déſignée ſur la règle, par la figure de la lettre de l'alphabet, ſans qu'on ſoit à l'avenir aſſujetti à regarder, & le lieu de la preſſe, & celui du poinçon : ainſi, dès que les diviſions qui correſpondent à tous les poinçons dont la roue eſt armée, auront été gravées ſur la règle, avec les figures qui les caractériſent, l'index fixe déterminera tout de ſuite le mouvement qu'il faut imprimer à la roue, pour placer ſous la vis de preſſion les poinçons à meſure qu'on devra les frapper.

Ce tableau, car ce ſera la ſeule dénomination que je donnerai déſormais à la règle & à ſon index, n'a d'autre fonction dans la machine que celle de guider la main de l'Ouvrier, & de lui indiquer quand le poinçon ſera à peu près ſous la vis de preſſion. Une détente ſuffit alors pour achever de le rappeler dans l'exacte poſition où il eſt bon de le fixer.

La détente qui me ſert à cette opération, conſiſte en un reſſort qui tend à pouſſer contre la circonférence de la roue qui porte les poinçons, & dans la direction de ſon diamètre, une pièce d'acier trempé, ayant la figure d'un coin. Ce coin d'acier eſt attaché fixement à un des bras d'une baſcule, & l'autre bras ſert à le maintenir, malgré la force du reſſort, dans une ſituation où il ceſſe de gêner le mouvement de la roue, lorſqu'on a beſoin d'amener un caractère ſous la vis de preſſion; mais à l'inſtant même qu'on ne fait plus d'effort pour retenir le coin d'acier dans la poſition qui laiſſe à la roue la faculté de tourner, il revient, par l'action du reſſort, donner le degré de ſtabilité & d'immobilité que la roue doit avoir.

Il s'agit maintenant d'expliquer comment la détente, en fixant les caractères, ou, ce qui eſt la même choſe, les poinçons qui les portent en relief, achève de leur procurer la ſituation qu'il faut qu'ils aient, pour que leur empreinte ſur la planche de métal puiſſe donner à l'impreſſion qu'on en tire ſur le papier, des lettres bien alignées; ce rappel exige qu'on faſſe autant d'entailles à la circonférence de la roue, qu'il y a de poinçons. Ces entailles doivent être évaſées, & avoir une profondeur d'environ un demi-pouce; il eſt utile qu'elles ſoient auſſi larges que la grandeur de la circonférence de la roue peut le comporter; alors l'arête du coin ne manquera pas de ſe préſenter vis-à-vis une entaille pour s'y inſinuer, dès qu'on ceſſera de le retenir, ſans qu'on ſoit pour cela obligé de placer exactement & même avec ſoin ſous l'index, la diviſion qui correſpond ſur le tableau au poinçon qu'on veut mettre ſous la vis de preſſion; car cette attention ſeroit fort préjudiciable à la célérité qu'on doit rechercher, avant tout, dans le mécaniſme de cette machine. Ainſi le coin, quand on le livre à l'action du reſſort, entre non ſeulement avec facilité, & ſans exiger aucun ſoin, dans l'entaille large & évaſée que la roue lui préſente toujours à ſa circonférence; mais encore, en s'y enclavant, il force la roue de ſe mouvoir juſqu'à ce que les deux côtés de ſon angle portent ſur les deux côtés de l'entaille. La roue a, dans cet état, le degré de ſtabilité néceſſaire; & ſi les côtés de l'entaille ont été dreſſés pour que le poinçon qui y correſpond occupe ſous la vis de preſſion la vraie poſition qu'il doit avoir, le coin n'aura pas manqué, en fixant la roue, de la rappeler à ſa place, en ſuppoſant même qu'elle en fût ſenſiblement écartée au moment que l'on permet à la détente de partir.

Le moyen dont j'ai cru pouvoir faire uſage pour dreſſer les entailles, eſt à la portée de tous les Artiſtes; il exige d'abord qu'on tire l'empreinte de tous les caractères dont la roue eſt garnie ſur une planche de cuivre ou d'étain; on fera mouvoir en ligne droite, & à meſure que chaque poinçon ſera imprimé, le ſupport ſur lequel la planche eſt arrêtée, afin que les caractères puiſſent ſe ranger les uns à côté des autres ſans ſe toucher. Or, un parfait alignement ne pouvant dépendre que des entailles, il ſembleroit ſuffiſant de les refendre ſelon la méthode uſitée pour les roues d'horlogerie ; mais à cauſe des inégalités, qu'il eſt bien difficile d'éviter dans la gravure des poinçons, il faudra preſque toujours redreſſer chaque entaille en particulier : on peut avoir facilement le degré de préciſion qu'on jugera convenable, lorſqu'en examinant avec attention l'empreinte des caractères gravés ſur la planche, on en aura reconnu les inégalités, & déterminé les différences par une ligne très-déliée, qui paſſe exactement ſous la baſe de deux lettres ſemblables, aſſez éloignées l'une de l'autre, pour que cette ligne ſoit parallèle au mouvement de la planche. Alors les caractères qu'on examine, au lieu d'avoir leurs baſes ſur la ligne tracée ſous les deux lettres ſemblables qui ſervent d'objet de comparaiſon, la couperont ou s'en ſépareront, & ces inégalités pourront, par ce moyen, être déterminées avec beaucoup d'exactitude. D'après cette détermination, on parviendra promptement à faire diſparoître ces inégalités, ſans qu'il en reſte par la ſuite aucun veſtige : ces corrections ſe font ſucceſſivement de cette manière; on lime le côté de l'entaille qui eſt oppoſé au mouvement qu'il faut donner à la lettre ou caractère qu'on ſe propoſe de corriger, & on obſervera ſoigneuſement de n'ôter avec la lime que de très-minces parties à la fois; cette précaution eſt néceſſaire, afin qu'on puiſſe ſaiſir l'inſtant où l'entaille a ſes côtés tellement diſpoſés, que le coin, en s'y enfonçant, rappelle la lettre dans l'alignement déſiré.

Les détails dans leſquels je ſuis entré, au ſujet de l'alignement des caractères, ne doivent pas faire perdre de vue la grande célérité avec laquelle on place un poinçon quelconque ſous la vis de preſſion, à l'aide du tableau & de la détente; cette célérité eſt un objet ſi important dans la gravure d'un grand ouvrage, qu'on ne peut rien négliger de tout ce qui tend à l'augmenter. C'eſt pourquoi, au lieu de ſuivre, dans l'arrangement des divers poinçons, l'ordre alphabétique, on doit préférer celui dans lequel la ſomme des différens mouvemens qu'il faut donner à la roue, pour la gravure d'un livre, ſoit la moindre poſſible. On peut très-bien ſe diſpenſer de faire cette ennuyeuſe recherche, en obſervant l'ordre que les Imprimeurs donnent à leurs caſes de caractères, pour que les lettres les plus uſuelles ſoient ſous la main de l'Ouvrier.

Si tous les caractères offroient une égale réſiſtance, lorſqu'on veut s'en procurer l'empreinte ſur une planche de métal, il faudroit employer une force conſtante pour les enfoncer toujours de la même profondeur; mais ils ſont très-inégaux, par conſéquent on doit ſe ſervir d'une force variable. C'eſt communément le marteau, & non une vis de preſſion, comme dans cette machine, qui ſert au plus grand nombre d'Ouvriers pour eſtamper. Nous ſuppoſerons d'abord avoir fait uſage du marteau pour frapper les poinçons, afin d'expliquer plus facilement, comment nous proportionnons la force du coup, à la réſiſtance plus ou moins grande du caractère : il eſt évident qu'en laiſſant tomber le marteau d'une hauteur fixe ſur la tête des poinçons, il faut, pour que la force du coup ſoit variable, ſuivant la nature des caractères, poſer des chapiteaux ſur la tête de tous les poinçons; le ſommet des chapiteaux eſt ſuſceptible de hauſſer à volonté, parce que cette pièce eſt à vis; ainſi, en proportionnant l'élévation de tous les chapiteaux par expérience, on parviendra à ſe procurer, par cette méthode, des empreintes également profondes de tous les caractères. Quand, par exemple, la lettre *i* eſt placée ſous le marteau, le ſommet de ſon chapiteau eſt peu diſtant de la tête du marteau, afin que ſa chute, qui commence toujours au même endroit, frappe foiblement cette lettre; mais quand c'eſt la lettre *M* qui eſt amenée ſous le marteau, le ſommet de ſon chapiteau étant beaucoup moins élevé que celui de la lettre *i*, recevra un coup beaucoup plus fort; c'eſt pourquoi les empreintes des lettres *M* & *i* ſeront toujours également profondes, ſi, à l'aide de l'expérience, on a une fois bien fixé la hauteur reſpective des chapiteaux.

J'ai déjà dit que, dans ma machine, c'étoit une vis de preſſion qui ſervoit à eſtamper: j'aurois ſans doute pu employer le marteau au même uſage; mais cet inſtrument ébranle trop une machine, ſurtout lorſqu'elle eſt faite avec des métaux écrouis. La vis de preſſion n'a pas le même inconvénient; ſon effort ſe fait lentement, & ſans occaſionner ces ébranlemens ſubits, ſi préjudiciables à la préciſion & à la durée d'une machine; il arrive cependant que des empreintes de médailles, faites par une vis de preſſion, ſe reſſentent quelquefois du mouvement circulaire de la vis ; mais on peut éviter ce défaut, en donnant à ſes filets une grande inclinaiſon ; la vis de preſſion qui me ſert eſt à huit filets, qui ſont ſi inclinés qu'elle tombe dans ſon écrou, & qu'elle en ſort par ſa ſeule peſanteur : cette conſtruction donne le double avantage de préſerver les empreintes de l'effet du mouvement circulaire, & par-là, de procurer à la vis une chute de près de neuf lignes pour chaque révolution. La tête de cette vis eſt ſolidement fixée au centre d'une roue de cuivre, dont la poſition eſt horizontale ; il faut que cette roue ait un aſſez grand diamètre, pour que ſon mouvement ne ſe reſſente point ſenſiblement de l'inégalité dans les frottemens de la vis ; d'ailleurs la preſſion que cette vis doit exercer l'exige, puiſqu'elle dépend non ſeulement de la force qui fait tourner la roue, mais encore de la longueur de ſon diamètre.

Il eſt eſſentiel que cette roue ait fort peu de vacillation ; c'eſt pourquoi il importe que l'axe de la vis ſoit aſſez prolongé au deſſus de la roue, pour qu'il puiſſe gliſſer

gliſſer dans une douille fixement attachée au ſupport de la machine ; alors la roue, qui eſt montée perpendiculairement ſur le prolongement de la vis, ſera maintenue, ſans qu'elle puiſſe éprouver de vacillation ſenſible, par la douille & par l'écrou qui l'oblige de deſcendre, ou de s'élever de près de neuf lignes pour chaque révolution qu'elle fait ſur ſon axe.

On conçoit qu'il faut que la vis tombe toujours d'un même point fixe ſur la tête de tous les chapiteaux : or, pour remplir un objet auſſi eſſentiel, il ſuffit de poſer une baſcule ou lévier pareil au fléau d'une balance, de manière qu'une dent, dont une de ſes extrémités eſt armée, porte ſur la circonférence de la roue qui eſt montée ſur la vis de preſſion : le ſupport de la baſcule eſt ſolidement attaché à celui de l'écrou de la vis de preſſion ; cette baſcule ne doit avoir de mouvement que dans le ſens vertical ; il eſt même convenable de ne lui donner que celui qui lui eſt néceſſaire, pour que ſa dent ne manque jamais d'engrainer dans l'entaille pratiquée à la circonférence de la roue, toutes les fois qu'on la remonte à l'endroit où il faut qu'elle ſe trouve toujours, quand la vis commence à deſcendre.

Dans cet état, la roue eſt arrêtée par la dent qui ſe loge dans l'entaille, au moment qu'on la remonte, & toute force qui tendra à la mouvoir ſera ſans effet, ſi on ne peſe pas ſur la queue de la baſcule, pour ſoulever la dent & la dégager abſolument de l'entaille. Dans ma machine, la roue qui a pour axe la vis de preſſion n'achève jamais une révolution : c'eſt afin que la vis n'ait point de chute capable d'ébranler la machine & d'y occaſionner du déſordre, que je me ſuis déterminé à n'employer que les deux tiers de la révolution de la roue, pour eſtamper les poinçons qui préſentent le plus de réſiſtance : ainſi la vis ne tombe que de ſix lignes ſur les chapiteaux les moins élevés, tandis qu'elle deſcend d'environ deux lignes ſur les chapiteaux les plus élevés, d'où l'on voit que la différence de hauteur entre les chapiteaux n'excède point quatre lignes : il eſt palpable qu'une différence ſi peu conſidérable ne peut pas ſuffire pour eſtamper exactement, de la même profondeur, les divers caractères compris, par exemple, depuis la lettre M juſqu'à la lettre *i*, quand la roue qui fait tourner la vis, eſt miſe en mouvement par un poids conſtant, dont la force n'augmente que comme celle du marteau, par l'accélération de ſa chute.

Il eſt évident qu'en changeant de poids, on parviendroit facilement à ſuppléer aux forces trop diſproportionnées aux différentes chutes qu'on doit ſe permettre; mais il n'eſt pas poſſible que ce changement perpétuel de poids puiſſe, dans la gravure d'un Ouvrage, s'accorder avec le degré de célérité qu'on recherche.

J'ai donc dû m'occuper de rendre variable l'effet du poids qui fait tourner la vis, en le forçant d'exercer naturellement ſon effort ſur des léviers plus ou moins longs, ſelon les différens degrés de chute qui tiennent aux élévations des chapiteaux; or, pour réunir l'effet de l'accélération à celui des léviers qui s'alongent, en même raiſon, j'ai adopté la conſtruction ſuivante. J'ai lié, par une chaîne d'acier, à la roue qui eſt ajuſtée ſur la vis de preſſion, une ſeconde roue, qui eſt poſée de champ, de manière que les deux roues ſe commandent mutuellement : je leur ai donné un égal diamètre, & à la chaîne ſeulement, la longueur qui ſuffit pour faire un tour entier de l'une ou de l'autre.

C'eſt la ſeconde roue, qu'on appellera déſormais poulie de renvoi, qui eſt deſtinée à donner à la vis de preſſion les différens degrés de force dont elle a beſoin, pour pouvoir eſtamper également tous les poinçons. Cette poulie porte, pour remplir cet objet, un limaçon, dont la gorge renferme, dans toute l'étendue de ſon ſpiral, une corde, à laquelle eſt attaché un poids fixé pour graver un certain ordre de caractères; la diſpoſition de ce limaçon eſt telle, que quand le poids ne deſcend que d'une quantité très-petite, la partie de la corde qui ſe développe eſt fort près du centre de la poulie, par conſéquent l'effet du poids eſt alors très-foible, *puiſqu'il* n'agit qu'au bout d'un fort petit lévier; mais quand la corde ſe développe en totalité, l'effet du poids eſt le plus grand poſſible, puiſqu'il a toute la chute qu'il doit avoir, & qu'il agit au bout du lévier le plus long, c'eſt-à-dire à l'extrémité du limaçon. Cette conſtruction réunit donc des chutes plus ou moins fortes, à des léviers plus ou moins longs, pour frapper les divers poinçons, ſelon les différentes hauteurs des chapiteaux.

J'ai déjà dit que le ſupport ſur lequel la planche eſt fixée, devoit être mue en ligne droite, afin de former des mots. C'eſt avec une vis, dont l'axe eſt invariable, que je me procure ce mouvement, qui ſert à eſpacer avec préciſion les différens caractères. Son écrou, en avançant ou reculant ſur l'axe de la vis, entraîne le ſupport auquel il eſt fixé, ſans qu'il puiſſe éprouver de déviation, ſi on le maintient par deux couliſſes parallèles à l'axe de la vis; je fais mouvoir cette vis par un lévier qui n'a d'action ſur elle qu'en un ſens. Pour produire cet effet, j'ai attaché au lévier, & à la tête de la vis, une roue, dont les dents ſont tellement inclinées, que le cliquet qui tient au lévier, échappe dans un ſens, & engraine dans un autre; donc le lévier, qui eſt mobile au centre de la roue dentée, fera tourner la vis, ſans que la planche puiſſe éprouver de mouvement retrograde; l'action de ce lévier ſur la vis doit commencer toujours d'un point fixe, mais ſa courſe ne peut être réglée que ſur l'inégale largeur des différens caractères : cette conſidération m'a conduit à fixer ſur le tableau autant de chevilles qu'il y a de diviſions qui correſpondent aux différens poinçons; ces chevilles déterminent la marche du lévier; mais pour cela, il faut que ſa poſition dans la machine ſoit vis-à-vis l'index fixe qui déſigne ſur le tableau que tel caractère eſt ſous la vis de preſſion ; c'eſt par conſéquent le lévier & la cheville qu'on doit uniquement employer à eſpacer les caractères, & à former les mots & les lignes.

Sans le mouvement que le lévier donne à la planche, les empreintes ſe frapperoient les unes ſur les autres ; ainſi celle de la lettre *i* ſeroit, dans ce cas, détruite en totalité par celle de la lettre *l* : donc, lorſqu'on veut ranger les deux lettres *i* & *l* à côté l'une de l'autre, il faut mouvoir la planche après que la lettre *i* aura été frappée, afin de la ſéparer de la lettre *l*, de la quantité déſirée ; je ſuppoſe qu'on veuille cet eſpace d'un quart de ligne, & que le lévier parcoure un arc de dix degrés, pour faire marcher la planche de cette quantité. Dès que la cheville de la lettre *l* aura la longueur néceſſaire pour que l'arc décrit par le lévier ſoit de dix degrés, l'opération d'eſpacer les deux lettres *i* & *l*, ſe réduira à placer la lettre ſous l'index fixe, & à mouvoir la planche juſqu'à ce que le lévier ſoit arrêté par la cheville de la lettre *l*. On eſpacera également toutes les autres lettres, en exigeant que leur poſition ſur la roue ſoit telle que le dernier jambage d'une lettre quelconque ſe confonde avec une lettre d'un ſeul jambage, quand on les frappe les unes ſur les autres.

Lorſqu'on veut opérer avec la machine, on retient d'une main la détente, & de l'autre on place la lettre ſous l'index; alors on abandonnera la détente & la roue, & on fera mouvoir le lévier juſqu'à la cheville de la lettre : le lévier, en tombant ſur ſon repos, délivre la vis de preſſion de la dent qui arrête ſon action, de ſorte que, par ces trois opérations, une lettre quelconque eſt placée, eſpacée & frappée avec autant de préciſion que de célérité. Quant aux intervalles qui ſéparent les mots & les lignes, les mouvemens qui nous les donnent ſont ſi ſimples, qu'il me paroît inutile d'en parler : au reſte, les deſſins qui ſont à la fin de cet Ouvrage, acheveront de développer toutes les pièces qui entrent dans la compoſition de cette machine. Sans M. Franklin, je ne me ſerois peut-être jamais occupé de l'Art de la Gravure; mais cet homme célèbre piqua ma curioſité, en me montrant des eſſais qu'il avoit faits en Amérique, pour imprimer auſſi vîte qu'on écrit. Le moyen qu'il paroît avoir employé, conſiſte à écrire ſur du papier avec de l'encre gommée; il ſoupoudre ſon écriture avec du ſablon, ou de la pouſſière de fer fondu, tamiſé & pulvériſé, qu'il enferme entre deux planches; l'une de ces planches qui doit recevoir la gravure, doit être de bois ou de métal tendre tel que de l'étain, ou de cuivre; l'autre plaque peut être de pierre dure ou de fer : ces deux plaques, ſoumiſes à l'action d'une preſſe, forceront l'écriture de s'incruſter dans le métal tendre. L'on aura donc la contre-épreuve de ſon écriture ſur la planche de bois ou de métal, & cette planche ſervira, en employant la méthode uſitée par les Graveurs, à donner autant d'exemplaires que la profondeur de la gravure le permettra; car on ſait qu'elle s'uſe au tirage, & qu'elle ne peut jamais être bien profonde.

Si cette méthode remplit l'objet principal qu'on ſe propoſe, c'eſt-à-dire la célérité dans l'exécution, on eſt forcé de convenir qu'elle préſente des copies bien déſagréables à la vue.

J'ai eu recours à un moyen, qui n'a pas le même inconvénient; j'écris ſur une planche de cuivre rouge, verniſſé ſelon la méthode des Graveurs; ce vernis s'enlève avec une pointe d'acier, avec une extrême facilité, & l'on peut écrire avec une pointe ſur une planche verniſſée, auſſi vîte qu'on écrit ſur le papier avec de l'encre & une plume : on couvre enſuite d'eau-forte, un peu affoiblie, la planche ; on laiſſe l'eau-forte mordre le temps néceſſaire pour incruſter les lettres auſſi profondément qu'on en a beſoin ; cette planche eſt alors gravée, & on tire, par le moyen de la preſſe à rouleau, autant de copies ou d'épreuves qu'on en peut déſirer.

Toutes ces copies ou épreuves ſont ſur le papier à contre-ſens, de ſorte qu'elles deviendroient par-là inutiles. Mais pour les avoir dans le ſens qu'on déſire, rien n'eſt plus facile : je tire, par exemple, douze copies, & tandis que l'encre eſt encore fraîche, je mets autant de feuilles de papier blanc, mouillé & préparé, & je les diſpoſe en tas, de manière que chaque feuille de papier blanc ſépare alternativement les copies : alors, d'un ſeul coup de preſſe, j'obtiens douze contre-épreuves, qui ſeront très-propres & très-liſibles, quand même la planche n'auroit pas été bien eſſuyée, pourvu toutefois que la gravure ſoit aſſez profonde, pour fournir à la copie le degré de noir ſuffiſant pour donner de bonnes contre-épreuves. Cette méthode n'équivaudra jamais ſans doute à la gravure ; mais elle peut être fort utile dans les armées de terre & de mer, & dans tous les cas où il s'agit de multiplier promptement les copies.

EXTRAIT

Des Regiſtres de l'Académie Royale des Sciences, du 22 Décembre 1781.

Nous, Commiſſaires nommés par l'Académie, avons examiné une machine à graver les caractères, préſentée par M. l'Abbé Rochon.

Les caractères qu'on veut graver ſont diſpoſés en cercle ſur une roue mobile, & amenés *ſucceſſivement* ſous une vis de preſſion, qui les gravent ſur une planche d'étain. L'Auteur a imaginé différens moyens, ſoit pour porter avec célérité le caractère qu'on veut ſous la vis de preſſion, ſoit pour les y fixer exactement, ſoit pour rendre variable l'action de cette vis, & la proportionner à l'étendue de la lettre qu'elle doit graver, afin que les creux des différentes lettres ſoient également profonds.

La planche a un double mouvement; l'un deſtiné à eſpacer les lettres & les mots; l'autre à eſpacer les lignes. Ces mouvemens s'exécutent de manière qu'on puiſſe aiſément mettre, entre les lettres, les mots ou les lignes, les diſtances qu'on jugera convenables, & que ces diſtances aient entre elles l'égalité la plus parfaite. La différente largeur des lettres étoit ici un obſtacle : en effet, on ſent que pour que ces eſpaces ſoient égaux, il faut qu'ils ne ſoient pas conſtans; mais formés par un eſpace conſtant, plus un autre eſpace variable, proportionnel à la largeur de chaque lettre. La beauté de l'impreſſion exige encore que ces eſpaces ſoient quelquefois un peu altérés, afin que la juſtification ſoit parfaite, c'eſt-à-dire que les fins de lignes préſentent à l'œil une ligne bien continue, & la machine de M. l'Abbé Rochon en donne le moyen.

Elle nous a paru réunir pluſieurs avantages. 1°. On exécutera, avec cette machine, des éditions gravées, ſupérieures à celles qu'on peut ſe procurer, en gravant à la main, quelle que ſoit l'habileté de l'Ouvrier ; & ces éditions ſe feront avec beaucoup plus de célérité & beaucoup moins de dépenſe. 2°. Comme la machine eſt portative & peu volumineuſe, elle peut être très utile dans les armées, dans les flottes, dans les Bureaux, pour l'impreſſion d'ordres, d'inſtructions, &c. 3°. Elle a de plus l'avantage précieux, dans pluſieurs circonſtances, de pouvoir être employée par tout homme intelligent & adroit, ſans qu'on ſoit obligé d'avoir recours à un Ouvrier d'une profeſſion particulière.

Enfin, elle a ſur l'impreſſion l'avantage de permettre d'attendre, pour tirer un Ouvrage, qu'il ait été exécuté en entier ; la dépenſe des planches même pour un Ouvrage conſidérable étant très-peu de choſe. Et cette liberté qu'elle offre aux Auteurs peut être d'une grande importance pour les Ouvrages, où l'ordre, la méthode, la liaiſon des idées ſont un mérite néceſſaire.

Ainſi, quand même, ce que l'expérience peut ſeule apprendre, elle ne pourroit ni acquérir la même célérité que l'Imprimerie, ni une égale facilité pour les remaniemens & les corrections ; elle ſeroit encore d'une grande utilité.

Nous croyons donc que l'idée de cette machine étant nouvelle, les moyens employés à lui donner la perfection à laquelle l'Auteur l'a déjà portée, étant ſimples & ingénieux, & ſon uſage pouvant être utile, elle eſt digne de l'approbation de l'Académie, & que la deſcription de cette machine, exécutée avec la machine même, & préſentée par l'Auteur à l'Académie, mérite de paroître ſous ſon privilège.

Fait au Louvre, ce 22 Décembre 1781, le Marquis DE CONDORCET, BOSSUT.

Je certifie le préſent Extrait conforme à l'original, & au jugement de l'Académie. A Paris ce 22 Décembre 1781.

Le Marquis DE CONDORCET.

ESSAI

SUR LES DEGRÉS DE CHALEUR DES RAYONS COLORÉS.

Nous nous bornons à examiner, dans ce Mémoire, ſi les rayons qui diffèrent en réfrangibilité, produiſent ſur le thermomètre des degrés de chaleur ſenſiblement différens.

Cette recherche exige, ſans doute, que les couleurs ſoient diſtinctes & bien ſéparées; mais cette analyſe ne peut ſe faire ſans diminuer prodigieuſement l'intenſité de la lumière, & la lumière ainſi décompoſée, ne donne plus de ſigne ſenſible de chaleur ſur nos thermomètres ordinaires.

Il faut donc ſe réſoudre, ou à raſſembler, ſur la boule d'un thermomètre, une quantité ſuffiſante de ces rayons pour produire des effets ſenſibles, ou employer des thermomètres d'une ſenſibilité proportionnée à la perte d'intenſité, inſéparable de la lumière ainſi décompoſée. On peut toujours raſſembler, dans un petit eſpace, une grande quantité de rayons, d'une couleur ſenſiblement homogène, ſoit en diſpoſant, d'une manière convenable, pluſieurs priſmes de différens angles, qui faſſent coïncider ſur la boule d'un thermomètre chaque eſpèce de rayons, ou en ſe ſervant du miroir ardent de M. de Buffon, connu ſous le nom de miroir d'Archimède, dont la ligne brûlante eſt ſenſiblement la même dans un eſpace aſſez conſidérable.

Cet instrument eſt un aſſemblage de petits miroirs plans, qui, par les poſitions reſpectives, peuvent faire tomber ſur un priſme, placé à leur foyer commun, une auſſi grande quantité de lumière qu'on le déſire. Or, les rayons réunis qui forment ce foyer, ou plutôt cette ligne brûlante, approcheront d'autant plus du parallèliſme néceſſaire au ſuccès de l'expérience en queſtion, que la diſtance du priſme aux miroirs ſera plus conſidérable.

On ſent que ce moyen exige un très-grand emplacement; & celui deſtiné aux expériences que je vais rapporter, n'étant pas d'une grandeur convenable, j'ai penſé que des thermomètres très-ſenſibles rempliroient aſſez bien l'objet que je me ſuis propoſé.

Les thermomètres à air ſont ceux que j'ai employés. On ſait qu'ils doivent leur effet à une bulle d'air, introduite dans la boule qui renferme la liqueur; la plus légère chaleur dilate cette bulle, qui fait monter l'eſprit-de-vin dans le tuyau capillaire du thermomètre; mais cette aſcenſion ſeroit peu ſenſible, ſi le haut du tube étoit ſcellé hermétiquement: on eſt donc contraint de le laiſſer ouvert, ce qui fait que l'air extérieur, ſuſceptible de beaucoup de variations, agit ſur la liqueur, en ſorte qu'il faut avoir recours au baromètre pour connoître l'effet de la dilatation, qui ſe trouve joint au reſſort plus ou moins fort de l'air extérieur.

Ce défaut, joint à l'évaporation de la liqueur, a fait rejeter ces thermomètres, malgré leur prodigieuſe ſenſibilité. Quoique je n'aye pas, dans mes recherches, ces inconvéniens à redouter, puiſqu'il me ſuffit de comparer, dans un eſpace de temps très-court, les divers effets de chaque eſpèce de rayons, j'ai cependant cherché à l'éviter, en faiſant ſouder au tube du thermomètre, un gros ballon rempli d'air, lequel renferme un thermomètre ordinaire. Ce ballon eſt plongé dans un fluide, d'une température dont on maintient facilement l'uniformité, ſoit qu'on la veuille au terme de la congélation, ou à tout autre degré de température.

Ce moyen laiſſe à ce thermomètre preſque toute ſa ſenſibilité, ſans qu'il communique avec l'air extérieur.

On ſent qu'il faut, pour des expériences auſſi délicates, un ciel parfaitement ſerein, & une température conſtante, ſans la moindre agitation dans l'air; ce qui réduit néceſſairement les expériences, ſur leſquelles on peut ſtatuer, à un très-petit nombre; encore dans le grand nombre de celles que j'ai faites, j'avoue que je n'en ai aucune dont je ſois parfaitement ſatisfait.

Je me ſuis ſervi d'un grand priſme de flintglaſſ, dont l'angle réfringent eſt de 45 degrés; je ne laiſſois paſſer qu'une égale quantité de rayons, qui, ſucceſſivement, traverſoient la même lentille que j'inclinois ſelon la hauteur du ſoleil, car je n'avois pas alors d'hélioſtat, & la privation de cet inſtrument a rendu mes réſultats encore moins précis.

Toutes mes expériences ont été faites entre onze heures du matin & deux heures après-midi: mon thermomètre à air étoit trop ſenſible, pour pouvoir en approcher, ſans occaſionner des variations; de ſorte que j'obſervois les diviſions par une petite lunette, à la diſtance de quinze pieds, &

je faiſois hauſſer ou baiſſer les index, par le moyen de poulies de renvoi.

Quoique j'aye fait, dès l'année 1775, un grand nombre d'expériences, je ne crois pas devoir les rapporter, parce qu'alors je n'étois pas parvenu à connoître les précautions néceſſaires à des recherches auſſi délicates ; celles faites en 1776, ſont plus concluantes ; elles donnent le rapport de chaleur des rayons rouges aux rayons violets, de 8 à 1 ; car en échauffant pendant deux minutes la boule du thermomètre par ces deux eſpèces de rayons, l'index marquoit depuis quatre diviſions & demie juſqu'à ſept, pour les rayons violets, tandis que, pour les rayons rouges, il falloit placer l'index depuis 39 juſqu'à 44 diviſions. Ces obſervations ont été faites dans le mois de Juin, le thermomètre de Réaumur ne variant, dans tout l'intervalle des obſervations, que depuis 16° juſqu'à 17°. Voici les obſervations de ce mois : violet 4½, rouge 4, violet 6, rouge 40, violet 4½, rouge 43, violet 5½, rouge 39, violet 7, rouge 44. Il eſt à remarquer que c'eſt le rouge tirant ſur l'oranger, & le violet tirant ſur le bleu dont je me ſuis ſervi. Il eſt ſi difficile de décompoſer aſſez parfaitement la lumière, pour

pour obtenir conſtamment les mêmes nuances de couleurs, qu'on ne peut pas être ſurpris des variations que j'ai éprouvées, quoiqu'elles ſoient conſidérables.

Mois de Juillet 1776, le thermomètre n'ayant varié, pendant la durée des expériences, que de 18° à 20°.

Violet 3, vert 31, rouge 38, violet $4\frac{1}{2}$, vert 39, rouge 40, violet $3\frac{3}{4}$, vert $27\frac{1}{4}$, rouge 37, violet 5, vert 30, rouge $36\frac{1}{2}$, violet 6, jaune orangé 49, vert 33, rouge 40, violet 7, jaune orangé 52, vert $34\frac{1}{2}$, rouge $39\frac{1}{2}$, violet $6\frac{1}{2}$, jaune orangé 48, vert 36, rouge 45, violet 8, jaune orangé 64, vert 48, rouge 60.

Dans le mois d'Août, le thermomètre de Réaumur a monté depuis 19° juſqu'à 23, pendant les obſervations ſuivantes.

Violet 7, orangé 60, vert 43, rouge 56, violet 6, jaune orangé 62, vert 39, rouge 55, violet 7, orangé 38, vert 45, rouge 64, violet 5, orangé 51, vert 39, rouge 48.

C'eſt en Septembre que je me ſuis ſervi du thermomètre (*fig.* 30.), ſur lequel l'air extérieur n'a aucune influence; la bulle d'air a toujours été pareillement expoſée deux minutes à l'action des rayons colorés, comme dans les expériences précédentes;

mais la ſenſibilité du thermomètre n'a plus été auſſi grande.

Dans le mois de Septembre, le thermomètre de Réaumur a varié, depuis 19 juſqu'à 16 degrés, pendant la durée des obſervations.

Violet 2, jaune orangé 18, vert 13, rouge 17, violet 2, orangé 17, vert 14, rouge 18, violet 2½, orangé 22, vert 16, rouge 21, violet 2½, orangé 20, vert 16, rouge 22, violet 6, rouge 40, violet 4, rouge 42, violet 5½, rouge 39, violet 7¼, rouge 44, violet 3, vert 31, rouge 38, violet 4½, vert 29, rouge 40, violet 3¾, vert 27½, rouge 37, violet 5, vert 30, rouge 36½, violet 6, orangé 49, vert 33, rouge 40, violet 7, jaune orangé 52, vert 34½, rouge 39, violet 6½, orangé 48, vert 36, rouge 42, violet 6, orangé 50, vert 35, rouge 43½.

Il réſulte de toutes ces expériences, malgré les grandes différences qui s'y trouvent, quelque attention que j'y aye apportée; 1°. que le rapport de chaleur du rouge clair au violet le plus vif, eſt à peu près comme 8 à 1, car les rayons extrêmes ne peuvent pas ſe comparer; 2°. que la chaleur du jaune orangé diffère peu de celle que produit le rouge;

de ſorte qu'il eſt à préſumer que les rayons les plus chauds ſont entre le rouge clair & le jaune, & de ce point la chaleur des rayons diminue conſidérablement plus du côté du violet, que de celui du rouge foncé.

J'ai voulu me ſervir de liqueurs & de verres colorés ; mais les liqueurs & les verres colorés tranſmettent en trop grande quantité des rayons hétérogènes, pour être employés avec ſuccès à des expériences auſſi délicates ; d'ailleurs, comment eſtimer les rayons réfléchis ou perdus dans ces ſubſtances ? Au reſte, quoique j'aye pris toutes les précautions qui ont dépendu de moi, pour le ſuccès de ces expériences, je ſuis bien éloigné d'être encore ſatisfait de mon travail.

RÉFLEXIONS

SUR LES LUNETTES ACHROMATIQUES.

UN verre convexe peut être conſidéré comme un aſſemblage de priſmes infiniment petits, dont les angles vont progreſſivement en diminuant des bords au centre : ces petits priſmes de différens angles ſont converger ou diverger la lumière, ſelon que les verres ſont convexes ou concaves ; car il eſt palpable que le centre, ou plutôt le milieu d'un verre convexe ou concave, tranſmet le rayon de lumière, ſans changer ſa direction, puiſque les deux tangentes, tirées de ce point, ſont parallèles entre elles : mais cet effet n'a lieu que dans ce ſeul point ; dès qu'on s'en écarte, les tangentes des ſurfaces deviennent inclinées l'une à l'autre, & cette inclinaiſon eſt donnée par l'arc de la ſphère, compris depuis le point du milieu du verre juſqu'au *point d'incidence* du rayon ; cet arc eſt encore égal à l'inclinaiſon de la tangente, par rapport au plan du verre plan convexe, &, ſi cet arc eſt d'un degré, on aura à ce point un priſme infiniment petit, repréſenté par la tangente de l'arc d'un degré, & par la ſurface plane du verre.

Or, la réfraction qui a lieu dans un priſme de verre d'un angle d'un degré, eſt, comme nous l'avons déjà dit, environ un demi-degré ; d'où il ſuit que les rayons parallèles qui tomberont ſur ce verre, ſe réuniront à peu près à deux pieds de la ſurface du verre, puiſqu'alors la réfraction de chaque petit priſme ſera, à cette diſtance, égale à peu près à la moitié de l'angle de chaque priſme : on ſent que cette réunion ne peut pas être parfaite, & quelle tient à la réfraction de chaque ſubſtance en particulier, & à la figure ſphérique des verres. Les Opticiens nomment ce défaut de réunion, aberration de ſphéricité ; celle qui tient à la décompoſition de la lumière, ſe nomme aberration de réfrangibilité. La géométrie donne le moyen de rendre l'aberration de ſphéricité preſque inſenſible, en multipliant les verres ; & nos expériences ſur la diſperſion indiquent les ſubſtances à employer, & les angles qu'il faut leur donner pour obtenir des priſmes parfaitement achromatiques, & par conſéquent les verres objectifs parfaitement achromatiques. Je crois qu'il eſt avantageux de traiter les verres ſphériques, comme des priſmes, parce que cette méthode eſt plus générale que celle employée juſqu'à préſent par les Opticiens, & ſuſceptible d'une plus grande préciſion dans le réſultat des calculs qui ſervent à guider les Artiſtes dans la conſtruction des lunettes : mais avant de m'occuper de ce travail, il eſt indiſpenſable que je m'aſſure de la loi que la réfraction ſuit dans les différentes incidentes. On s'eſt contenté d'employer celle des ſinus ;

mais les expériences qui l'ont donnée ne me paroiſſent pas avoir le degré de préciſion néceſſaire pour des recherches auſſi délicates ; M. d'Alembert eſt abſolument de ce ſentiment, & c'eſt d'après les conſeils de ce grand Géomètre, que je me ſuis livré à ce travail, qui exige l'exactitude la plus ſcrupuleuſe, & des précautions infinies ; dès qu'il ſera achevé, je le publierai, avec un Mémoire détaillé ſur les lunettes achromatiques ; mais en attendant ce travail, je vais mettre ſous les yeux du Lecteur les anciennes formules que j'ai données en 1768 *dans mes Opuſcules Mathématiques*, & j'y joindrai quelques réflexions ſur les moyens que j'ai employés pour parvenir à faire une lunette achromatique de ſept pieds, à triple objectif.

Soit A (*fig.* 31.) un point lumineux qui envoie des rayons ſur une lentille B E D ; ſoit F le foyer des rayons qui tombent infiniment près de l'axe, comme A B & x : celui des rayons qui, comme A E, tombent à une aſſez petite diſtance de l'axe ; ſoit auſſi le foyer des rayons parallèles $=f$; le rayon BL de la ſurface antérieure $=r$; le rayon CD de la ſurface poſtérieure $=$ R ; ſoit encore $\frac{1}{m}$, le rapport du ſinus de l'angle d'incidence de réfraction, en entrant de l'air dans la lentille; *l* la demi-ouverture de la lentille, d la diſtance de l'objet à la lentille. La Géométrie nous donne * $x = F - \frac{F^2 l^2}{2 f^2} \times \left(\frac{1}{\overline{1-m}^2 f} - \frac{3 + 2m}{d + F} - \frac{2(1+m)}{d+F} \left(\frac{d}{r} + \frac{F}{R} \right) - \frac{m(1+2m)}{(1-m)(r+R)} \right)$, dans laquelle expreſſion $\frac{1}{F} = \frac{1-m}{m} \left(\text{[illegible]} + \frac{1}{R} \right) - \frac{1}{d}$, & $\frac{1}{f} = \frac{1-m}{m} \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right)$; d'où on déduit $\frac{1}{F} - \frac{1}{f} - \frac{1}{d}$. Cette valeur de x n'eſt qu'une approximation qui a d'autant plus d'exactitude, que *l* eſt une quantité plus petite relativement à r & R.

* Voici comment ſe trouve cette expreſſion. Soient A (*Fig.* 31.) un point rayonnant, ſitué ſur l'axe AL d'une ſurface ſphérique réfringente BE, dont L eſt le centre & BL le rayon; AE un rayon qui tombe aſſez près de l'axe AB pour qu'on puiſſe regarder & traiter comme aſſez petits les angles BAE, BLE; EI, le rayon rompu qui rencontre l'axe en I. Soient abaiſſées les perpendiculaires LD, LC ſur les rayons AE, EC, & ſoient $AB = d$, $BL = r$, l'angle $BLE = x$, & le rapport des *ſinus* des angles d'incidence & de réfraction LED, LEC, comme 1 à m. Donc m *ſin.* $LED =$ *ſin.* LEC. Si donc on nomme u le *ſinus* LD pour le rayon r, on aura le *ſinus* $LC = mu$. Il eſt viſible de plus que $OL = r \operatorname{coſ}. x$; en ſorte que $BO = r(1 - \operatorname{coſ}. x)$. Mais le *ſinus* verſe BO, étant très-petit par rapport à $2r$, on a $BO : OE :: OE : 2r$; donc $OE^2 = 2r \times BO = 2r^2 (1 - \operatorname{coſ}. x)$. Mais $AE = \sqrt{((AB + BO)^2 + OE^2)}$; on aura donc $AE = \sqrt{[(d + r(1 - \operatorname{coſ}. x))^2 + 2r^2(1 - \operatorname{coſ}. x)]} = \sqrt{[d^2 + 2rd(1 - \operatorname{coſ}. x) +}$

$2r^{2}(1 - \text{coſ.}\,x)]$, en négligeant dans le carré de $d + r(1 - \text{coſ.}\,x)$, le terme $r^{2}(1 - \text{coſ.}\,x)^{2}$, à cauſe de ſon extrême petiteſſe. Si l'on fait $d + r = p$ AE ſera $= \sqrt{}[d^{2} + 2rp(1 - \text{coſ.}\,x)]$.

Les triangles ſemblables AOE, ALD donnent $\frac{LD}{LA} = \frac{OE}{AE}$: donc OE étant $= r\,\text{ſin.}\,x$, on a $\frac{u}{p} = \frac{r\,\text{ſin.}\,x}{\sqrt{}[d^{2} + 2rp(1 - \text{coſ.}\,x)]}$. Maintenant $\text{ſin.}\,LIC = \frac{LC}{LI}$; mais $\text{ſin.}\,LIC = \text{ſin.}\,(BLE - LEC) - \text{ſin.}\,BLE\,\text{coſ.}\,LEC - \text{ſin.}\,LEC\,\text{coſ.}\,B$[illegible]$E$; donc $\frac{LC}{LI} - \text{ſin.}\,BLE\,\text{coſ.}\,LEC - \text{ſin.}\,LEC\,\text{coſ.}\,BLE$. Mais $\text{ſin.}\,BLE = \text{ſin.}\,x$; $\text{coſ.}\,LEC\,\sqrt{}(1 - \text{ſin.}\,LEC^{2}) = \sqrt{}[1 - \frac{m^{2}p^{2}\,\text{ſin.}\,u}{d^{2} + 2rp(1 - \text{coſ.}\,x)}]$, $= \ldots\ldots\ldots \frac{\sqrt{}[d^{2} + 2rp(1 - \text{coſ.}\,x) - m^{2}p^{2}\,\text{ſin.}\,x^{2}]}{\sqrt{}[d^{2} + 2rp(1 - \text{coſ.}\,x)]}$, $\text{ſin.}\,LEC$ étant $= \frac{mu}{r} = \frac{mp\,\text{ſin.}\,x}{\sqrt{}(d^{2} + 2rp(1 - \text{coſ.}\,x))}$; $\text{coſ.}\,BLE = \text{coſ.}\,x$. Donc$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$

$$\frac{LC}{LI} = \frac{\text{ſin.}\,x\sqrt{}[d^{2} + 2rp(1 - \text{coſ.}\,x) - m^{2}p^{2}\,\text{ſin.}\,x^{2}]}{\sqrt{}[d^{2} + 2rp(1\,\text{coſ.}\,x)]} - \frac{mp\,\text{ſin.}\,x\,\text{coſ.}\,x}{\sqrt{}[d^{2} + 2rp(1 - \text{coſ.}\,x)]}.$$

Mais $LC = \ldots\ldots \frac{mpr\,\text{ſin.}\,x}{\sqrt{}[d^{2} + 2rp(1\,\text{coſ.}\,x)]}$. Donc $LI = \ldots\ldots\ldots\ldots$

$$\frac{mpr}{\sqrt{}[d^{2} + 2rp(1 - \text{coſ.}\,x) - m^{2}p^{2}\,\text{ſin.}\,x^{2}] - mp\,\text{coſ.}\,x}$$

Donc $BI = r + LI = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$

$$\frac{r\sqrt{}[d^{2} + 2rp(1\,\text{coſ.}\,x) - m^{2}p^{2}\,\text{ſin.}\,x^{2}] - mpr\,\text{coſ.}\,x + mpr}{\sqrt{}[d2 + 2rp(1\,\text{coſ.}\,x) - m^{2}p^{2}\,\text{ſin.}\,x^{2}] - mp\,\text{coſ.}\,x}$$

$$= \frac{1}{\frac{\sqrt{}[d^{2} + 2rp(1 - \text{coſ.}\,x) - m^{2}p^{2}\,\text{ſin.}\,x^{2}] - mp\,\text{coſ.}\,x}{\sqrt{}[d^{2} + 2rp(1 - \text{coſ.}\,x - m^{2}p^{2}\,\text{ſin.}\,x^{2}] + mpr(1\,\text{coſ.}\,x)}}$$

Si dans cette formule on met pour $\mathit{coſ.}\ x$ ſa valeur approchée $1 - \frac{\mathit{ſin.}\ x^2}{2}$, & qu'on néglige les quatriemes puiſſances de $\mathit{ſin.}\ x$, BI deviendra ....

$$= \frac{1}{\frac{\sqrt{[\mathrm{d}^2 + (rp - m^2p^2)\,\mathit{ſin.}\,x^2]} - mp + \frac{1}{2}mp\,\mathit{ſin.}\,x^2}{r\sqrt{[\mathrm{d}^2 + (rp - m^2p^2)\,\mathit{ſin.}\,x^2]} + \frac{1}{2}mpr\,\mathit{ſin.}\,x^2}};$$

mais $\sqrt{[\mathrm{d}^2 + (rp - m^2p^2)\,\mathit{ſin.}\,x^2]}$ eſt, à très-peu près, $= \frac{2\,\mathrm{d}^2 + rp\,\mathit{ſin.}\,x^2 - m^2p^2\,\mathit{ſin.}\,x^2}{\mathrm{d}^2}$; donc BI ſera .....

$$\frac{1}{\frac{2\,\mathrm{d}^2 - mp\mathrm{d} + rp\,\mathit{ſin.}\,x^2 - m^2p^2\,\mathit{ſin.}\,x^2 + mp\mathrm{d}\,\mathit{ſin.}\,x^2}{2r\mathrm{d}^2 + r^2p\,\mathit{ſin.}\,x^2 - m^2p^2\,\mathit{ſin.}\,x^2 + mpr\mathrm{d}\,\mathit{ſin.}\,x^2}}$$

= (en faiſant la diviſion, & négligeant les quatriemes puiſſances de $\mathit{ſin.}\ x$) $1 : \left[\frac{1}{r} - \frac{mp}{rd} + \frac{mp^2\,\mathit{ſin.}\,x^2}{2\,\mathrm{d}^3} + \frac{m^2p^2\,\mathit{ſin.}\,x^3}{2\,\mathrm{d}^2\,r} - \frac{m^3p^3\,\mathit{ſin.}\,x^2}{2\,\mathrm{d}^3r}\right] = 1 : \left[\frac{1-m}{r} - \frac{m}{\mathrm{d}} + \frac{m(\mathrm{d}+r)^2\,\mathit{ſin.}\,x^2}{2\,\mathrm{d}^3} + \frac{m^2(\mathrm{d}+r)\,\mathit{ſin.}\,x^2}{2\,\mathrm{d}^2\,r} - \frac{m^3(\mathrm{d}+r)^3\,\mathit{ſin.}\,x^2}{2\,\mathrm{d}^3\,r}\right]$, en remettant à la place de p ſa valeur $\mathrm{d} + r$.

Si on fait $OE = l$, on aura $\mathit{ſin.}\ x = \frac{l}{r}$; ainſi on aura $\frac{1}{BI} = \frac{1-m}{r} - \frac{m}{\mathrm{d}} + \frac{ml^2\,(\mathrm{d}+r)^2}{2\,\mathrm{d}^3\,r^2} + \frac{m^2\,l^2\,(\mathrm{d}+r)^2}{2\,\mathrm{d}^2\,r^3} - \frac{m^3\,l^2\,(\mathrm{d}+r)^3}{2\,\mathrm{d}^3\,r^3}$.

Si dans cette valeur de BI on fait $l = 0$, on aura alors le foyer des rayons qui tombent infiniment près de l'axe; ſi donc on nomme f la diſtance de ce foyer à la ſurface réfringente, on aura $\frac{1}{\mathrm{f}} = \frac{1-m}{r}\ \frac{m}{\mathrm{d}}$; ſubſtituant dans la valeur de BI, $\frac{1}{\mathrm{f}}$ à la place de $\frac{1-m}{r} - \frac{m}{\mathrm{d}}$, on aura $\frac{1}{BI} = [2\,\mathrm{d}^3r^3 + mrl^2\mathrm{f}(\mathrm{d}+r)^2 + m^2l^2\mathrm{d}$

$(d+r)^2 - m^3 l^2 f(d+r)^3] : [2 f d^3 r^3]$. Donc $BI =$ $[2 f d^3 r^3] : [2 d^3 r^3 + m r l^2 f(d+r)^2 + m^2 l^2 d f (d+r)^2$ $- m^3 l^2 f(d+r)^3] =$ (en faiſant la diviſion, & négligeant les termes où entre l^4) $f - \frac{m l^2 f^2 r (d+r)^2}{2 d^3 r^3} -$

$$\frac{m^2 l^2 f^2 d (d+r)^2}{2 d^3 r^3} + \frac{m^3 l^2 f^2 (d+r)^3}{2 d^3 r^3} = f - \frac{f^2 l^2}{2} \times \frac{m r + m^2 d - m^3 (d+r)}{d r} \times \left(\frac{d+r}{d r}\right)^2 = f - \frac{1}{2} f^2 l^2 m (1-m) \left(\frac{1+m}{d} + \frac{m}{r}\right)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{d}\right)^2,$$

expreſſion du foyer des rayons, qui étant partis du point A, rencontrent la ſurface réfringente BE à une diſtance l de l'axe de cette ſurface.

Suppoſons maintenant un peu au delà de la ſurface BE une ſeconde ſurface DE qui termine le milieu dans lequel les rayons ſont entrés, en ſorte que ce *milieu forme* une lentille convexe BED; voici comment on trouvera le foyer qu'auront les rayons après avoir traverſé cette lentille : nous ſuppoſons toujours qu'ils la rencontrent à la diſtance l de ſon axe AH. Nommons BI ou DI, q, en négligeant l'épaiſſeur BD de la lentille, qui ne peut être que très-petite, & ſoit le rayon DC de la ſurface $DE = R$. Le rapport de réfraction, en ſortant de la lentille, étant exprimé par celui de m à 1, & les rayons tombant convergens ſur la ſurface DE, on aura, en ſuppoſant que G ſoit le foyer cherché, & que F marque la diſtance du foyer de rayons qui tomberoient ſur la ſurface DE, infiniment près de l'axe, avec des directions tendantes en I, $DG = F - \frac{1}{2} F F l l \frac{1}{m}\left(\frac{1-m}{m}\right)$ $\left(\frac{1+m}{m q} + \frac{1}{m r}\right)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{q}\right)^2$, F étant déterminée par l'équation $\frac{1}{F} = \frac{1-m}{m R} + \frac{1}{m q}$.

Si on regarde l'épaiſſeur BD de la lentille comme infiniment petite, la diſtance F du foyer des rayons qui tombent infiniment près de l'axe, eſt exprimée par cette équation $\frac{1}{F} = \frac{1-m}{mR} + \frac{1}{m\mathrm{f}}$. Donc q différent très-peu de f, on pourra mettre dans le ſecond terme de la valeur de DG, qui eſt très-petit, F à la place de F, & f à la place de q. De plus, au lieu de F qui forme le premier terme, on pourra écrire F moins la petite quantité dont F ſurpaſſe F. Or cette petite différence eſt $(\mathrm{f} - q) \times \frac{FF}{m\mathrm{ff}} = \frac{1}{2} FFll (1-m) \left(\frac{1+m}{\mathrm{d}} + \frac{m}{r}\right)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{\mathrm{d}}\right)^2$; donc on aura $DG = F - \frac{1}{2} FFll \left((1-m) \left(\frac{1+m}{\mathrm{d}} + \frac{m}{r}\right)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{\mathrm{d}}\right)^2 + \left(\frac{1-m}{m}\right)\left(\frac{1+m}{m\mathrm{f}} + \frac{1}{mR}\right)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\mathrm{f}}\right)^2 \right) = F - (1-m) FFll \left(\left(\frac{1+m}{\mathrm{d}} + \frac{m}{r}\right)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{\mathrm{d}}\right)^2 + \left(\frac{1+m}{F} + \frac{m}{R}\right)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{F}\right)^2 \right)$, en introduiſant $\frac{1}{F}$ à la place de $\frac{1}{\mathrm{f}}$, au moyen de l'équation $\frac{1}{F} = \frac{1-m}{mR} + \frac{1}{m\mathrm{f}}$. Faiſant les multiplications indiquées, on aura $DG = F - \frac{(1-m)FFll}{2} \left(m \left(\frac{1}{r^3} + \frac{1}{R^3}\right) + (1+3m)\left(\frac{1}{\mathrm{d}rr} + \frac{1}{FRR}\right) + (2+3m)\left(\frac{1}{\mathrm{dd}r} + \frac{1}{FFR}\right) + (1+m)\left(\frac{1}{\mathrm{d}^3} + \frac{1}{F^3}\right) \right)$.

Or on trouve au moyen de l'équation $\frac{1-m}{m}\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R}\right) = \frac{1}{F} + \frac{1}{\mathrm{d}} = \frac{1}{f}$, f déſignant la diſtance focale de la lentille; on trouve, dis-je, $\frac{1}{r^3} + \frac{1}{R^3} =$

$$\frac{m}{(1-m)f}\left(\frac{m^2}{(1-m)^2 ff}-\frac{3m}{(1-m)f(r+R)}\right),$$

$$\frac{1}{\mathrm{d}rr}+\frac{1}{FFR}=\frac{m}{(1-mf)}\left(\frac{1}{\mathrm{d}r}+\frac{1}{FR}-\frac{1}{f(r+R)}\right),$$

$$\frac{1}{\mathrm{dd}r}+\frac{1}{FFR}=\frac{m}{(1-m)f}\left(\frac{1-m}{m}\times\left(\frac{1}{\mathrm{d}r}+\right.\right.$$
$$\left.\left.\frac{1}{FR}\right)-\frac{1}{f(\mathrm{d}+F)}\right),$$

$$\frac{1}{\mathrm{d}^3}+\frac{1}{F^3}=\frac{m}{(1-m)f}\left(\frac{1-m}{mff}-\frac{3(1-m)}{mf(\mathrm{d}+F)}\right).$$

Multipliant ces parties par les coëfficiens reſpectifs m, $1+3m$, $2+3m$, $1+m$, les ajoutant enſuite, & réduiſant, on aura enfin DG ou $x=F-\frac{FFll}{2ff}$
$$\left(\frac{1-2m+2m^3}{(1-m)^2 f}-\frac{3+2m}{\mathrm{d}+F}+\frac{2(1+m)}{\mathrm{d}+F}\left(\frac{\mathrm{d}}{r}+\right.\right.$$
$$\left.\left.\frac{F}{R}-\frac{m(1+2m)}{(3-m)(r+R)}\right)=F-\frac{FFll}{2ff}\left(\frac{1}{(1-m)^2 f}\right.\right.$$
$$-\frac{3+2m}{\mathrm{d}+F}-\frac{2(1+m)}{\mathrm{d}+F}\times\left(\frac{\mathrm{d}}{r}+\frac{F}{R}\right)-$$
$$\left.\frac{m(1+2m)}{(1-m)(r+R)}\right).$$

Soit y l'aberration de ſphéricité, j'aurai
$$y=F-x=\frac{F^2 l^2}{2f^2}\left(\frac{1}{\overline{1-m}^2 f}-\frac{3+2m}{\mathrm{d}+F}\right.$$
$$\left.-\frac{2(1+m)}{\mathrm{d}+F}\left(\frac{\mathrm{d}}{r}+\frac{F}{R}\right)-\frac{m(1+2m)}{(1-m)(r+R)}\right).$$

Je fais $\frac{1}{\overline{1-m}^2}=A$, $3+2m=B$, $2(1+m)=C$, $\frac{m(1+2m)}{1-m}=E$; donc
$$y=\frac{F^2 l^2}{2f^2}\left(\frac{A}{f}-\frac{B}{\mathrm{d}+F}-\frac{C}{\mathrm{d}+F}\left(\frac{\mathrm{d}}{r}+\right.\right.$$

$\left.\frac{F}{R}\right) - \left.\frac{r+R}{E}\right)$. Si on différencie l'équation $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} - \frac{1}{\mathrm{d}}$, obſervant de ne pas faire varier f, on aura $df = \frac{F^2}{\mathrm{d}}\, d\,\mathrm{d}$, ce qui déſigne la petite variation qu'éprouve le foyer lorſque la diſtance eſt variable. Cette variation dans le foyer, eſt une aberration qu'il faut évidemment ajouter à celle de ſphéricité que nous venons de déterminer, pour avoir l'aberration totale.

Quand on ſuppoſe que la diſtance du point lumineux à la lentille varie d'une petite quantité $A\,a$, on a $y = \frac{F^2 l^2}{2f^2} \left(\frac{A}{f} - \frac{B}{\mathrm{d}+F} - \frac{C}{\mathrm{d}+F} \left(\frac{\mathrm{d}}{r} + \frac{F}{R} \right) - \frac{E}{r+R} \right) + \frac{F^2}{\mathrm{d}^2}\, d\,\mathrm{d}$, formule plus générale que la précédente, & dont nous nous ſervirons de préference dans la recherche de l'aberration d'un nombre quelconque de lentilles.

Si je veux avoir l'aberration pour deux lentilles, je nomme cette aberration y'', & j'ai $y'' = \frac{F'^2 l''^2}{2f''^2} \left(\frac{A''}{f''} - \frac{B''}{\mathrm{d}''+F'} - \frac{C'}{\mathrm{d}''+F'} \left(\frac{\mathrm{d}''}{r''} + \frac{F'}{R''} \right) - \frac{E''}{r''+R''} \right) + \frac{F'^2}{\mathrm{d}''^2}\, d\,\mathrm{d}''$.

Je remarque que $d\,\mathrm{d}''$, c'eſt-à-dire, la variation dans la diſtance de l'objet à la deuxieme lentille, n'eſt cauſée que par l'aberration de la premiere lentille ; en ſorte que ſi y' déſigne l'aberration de la premiere lentille, on a $d\,\mathrm{d}'' = y'$; d'où on déduit cette expreſſion.

$$y'' = \frac{F''^2\, l''^2}{2 f''^2}\left(\frac{A''}{f''} - \frac{B''}{\mathrm{d}'' + F'} - \frac{C'}{\mathrm{d}'' + F'} \times \left(\frac{\mathrm{d}''}{r''} + \frac{F'}{R''}\right) - \frac{E''}{r'' + R''}\right) + \frac{F'^2}{\mathrm{d}''^2} \times \frac{F'^2\, l'^2}{2 f'^2}\left(\frac{A'}{f'} - \frac{B'}{\mathrm{d}' + F'} - \frac{C'}{\mathrm{d}' + F'} \times \left(\frac{\mathrm{d}'}{r'} + \frac{F'}{R'}\right) - \frac{E'}{r' + R'}\right).$$

Nous avons ſuprimé, dans cette valeur, le terme $\frac{F'^2}{\mathrm{d}'^2}\, d\,\mathrm{d}'$, parce que les rayons qui tombent ſur la premiere lentille partant d'un même point, on a $d\,\mathrm{d}' = 0$.

On aura pareillement l'aberration pour trois lentilles.

$$y'' = \frac{F'''^2\, l'''^2}{2 f'''}\left(\frac{A'''}{f'''^2} - \frac{B'''}{\mathrm{d}''' + F'''} - \frac{C''}{\mathrm{d}'' + F''}\left(\frac{\mathrm{d}'''}{r'''} + \frac{F''}{R'''}\right) - \frac{E'''}{r''' + R'''}\right) + \frac{F''^2}{\mathrm{d}''^2} \times \left[\frac{\mathrm{d}''' + F''}{F''^2\, l''^2}\left(\frac{A''}{f''} + \frac{B''}{\mathrm{d}'' + F''} - \frac{C'}{\mathrm{d}'' + F'}\left(\frac{\mathrm{d}''}{r''} + \frac{F'}{R'}\right) - \frac{E''}{r'' + R''}\right) + \frac{F'^2}{\mathrm{d}''^2} \times \frac{F'^2\, l'^2}{2 f'^2}\left(\frac{A'}{f'} - \frac{B'}{\mathrm{d}' + F'} - \frac{\mathrm{d}' + F'}{C'}\left(\frac{\mathrm{d}'}{r'} + \frac{F'}{R'}\right) - \frac{r' + R'}{E'}\right)\right].$$

Examinons maintenant les degrés de perfection dont ſont ſuſceptibles les objectifs composés d'une ou pluſieurs lentilles.

Commençons d'abord par les objectifs compoſés d'une ſeule lentille. Nous venons de voir que $y = \frac{F'^2 l'^2}{2 f'^2} \left(\frac{A'}{f'} - \frac{B'}{d' + F'} - \frac{C'}{d' + F'} \times \left(\frac{d'}{r'} + \frac{F'}{R'} \right) - \frac{E'}{r' + R'} \right)$, dans laquelle expreſſion $\frac{1}{F'} = \frac{1 - m'}{m'} \left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{R'} \right) + \frac{1}{R'} - \frac{1}{d'}$ & $\frac{1}{f'} = \frac{1 - m'}{m'} \left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{R'} \right)$ ou $\frac{1}{F'} = \frac{1}{f'} - \frac{1}{d'}$.

Ces formules peuvent ſe ſimplifier en remarquant que dans les téleſcopes la diſtance de l'objet à l'objectif eſt cenſée infinie, en ſorte que $d' = \infty$; donc $y' = \frac{V'^2}{2} \left(\frac{A'}{f'} - \frac{C'}{r'} - \frac{E'}{r' + R'} \right)$, $\frac{1}{F'} - \frac{1}{f'} = \frac{1 - m'}{m'} \left(\frac{1}{r'} + \frac{2}{R'} \right)$. Pour avoir la moindre aberration, il ſuffit de différencier y', en ne faiſant varier que r' & R', & faire cette différencielle égale à zéro ; on aura donc $\frac{C' \, d r'}{r'^2} + \frac{E' (d r' + d R')}{(r' + R')^2} = 0$. On peut éliminer les deux différencielles $d r'$ & $d R'$ par le moyen de l'équation $\frac{1}{f'} = \frac{1 - m'}{m'} \left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{R'} \right)$ qui devient, par la différenciation, $\frac{d r'}{r'^2} + \frac{d R'}{R'} = 0$; d'où on déduit cette expreſſion de la moindre aberration $y' - \frac{l'^2\,G'}{2f'}$, G' étant une fonction de la réfraction; dont on connoît la valeur par les équations précédentes: on a auſſi $\frac{1}{r'} = \frac{H'}{f'}$, & $\frac{1}{R'} = \frac{K'}{f'}$, H' & K' étant pareillement des fonctions de la réfraction.

Telle eſt la maniere de diminuer, autant qu'il eſt poſſible, l'aberration de ſphéricité dans un objectif compoſé d'une ſeule lentille. Quant à celle qui provient de la différente réfrangibilité des rayons de lumiere, on ne peut parvenir à l'anéantir dans le cas d'une ſeule lentille, puiſqu'en différenciant $\frac{1}{f} = \frac{1-m'}{m'}\left(\frac{1}{r'}+\frac{1}{R'}\right)$, en faiſant varier la réfraction, & faiſant la différencielle égale à zéro, on trouve $r' = - R'$; ce qui montre que l'objectif auroit une diſtance focale infinie, c'eſt-à-dire, n'auroit pas de foyer.

Paſſons aux objectifs compoſés de deux lentilles de différentes matieres.

$$y'' = \frac{F'\,l''}{2f''^2}\left(\frac{A''}{f''} - \frac{B''}{d''+F'} - \frac{C''}{d''+F'} - \left(\frac{d''}{r''}+\frac{F'}{R''}\right) - \frac{E''}{r''+R''}\right) + \frac{F'^2}{d''^2} \times \frac{F'^2\,l'^2}{2f'^2} \left(\frac{A'}{f'} - \frac{B'}{d'+E'} - \frac{C'}{d'+E'}\left(\frac{d'}{r'}+\frac{F'}{R'}\right) - \frac{E'}{r'+R'}\right),$$

dans laquelle expreſſion on aura:

$$\frac{1}{F'} = \frac{1-m'}{m'}\left(\frac{1}{r'}+\frac{1}{R'}\right) - \frac{1}{d'} = \frac{1}{f'} - \frac{1}{d'};$$

$\frac{1}{d'}$; $\frac{1}{F''} = \frac{1 - m''}{m''} \left(\frac{1}{r''} + \frac{1}{R''} \right) - \frac{1}{d''} = \frac{1}{f''} - \frac{1}{d''}$.

Si on veut détruire l'abetration de ſphéricité, il ſuffit de faire $y'' = 0$. On peut ſimplifier ces formules, en ſuppoſant que les deux lentilles qui compoſent l'objectif ſoient accolées ; dans ce cas, $F' + d'' = 0$, $l' = l''$; de plus, $d' = \infty$ dans les téleſcopes. Pour anéantir l'aberration de réfrangibilité, on a $\frac{1}{F'} = \frac{1 - m''}{m''} \left(\frac{1}{r''} + \frac{1}{R''} \right) + \frac{1 - m'}{m'} \left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{R'} \right)$. Je différencie cette expreſſion en faiſant varier m'' & m', & je fais cette différencielle égale à zéro ; j'ai donc $- \frac{d m''}{m''^2} \left(\frac{1}{r''} + \frac{1}{R''} \right) - \frac{d m'}{m'^2} \left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{R'} \right) = 0$; d'où je conclus que $f' = n f''$, n déſignant le rapport qu'il doit y avoir entre les foyers des verres pour diſſiper les couleurs.

On pourra avoir des objectifs compoſés de trois lentilles, exempts d'aberration de réfrangibilité & de ſphéricité, en faiſant $y''' = 0$ $= \frac{F'''^2 l'''^2}{2 f'''^2} \left(\frac{A'''}{f'''} - \frac{B'''}{d''' + F'''} - \frac{C'''}{d''' + F'''} \left(\frac{d'''}{r'''} + \frac{F'''}{R'''} \right) - \frac{E'''}{r''' + R'''} \right) + \frac{F'''^2}{d'''} \left(\frac{F''^2 l''^2}{2 f''^2} \left(\frac{A''}{f'} - \frac{B''}{d'' + F'} - \frac{C''}{d'' + F'} \left(\frac{d^2}{r''} \right.\right.\right.$

$$+ \frac{F'}{R''}) - \frac{E''}{r'' + R''}) + \frac{F'^2 F''^2 l'^2}{2 f'^2 d''^2} \left(\frac{A'}{f'} - \frac{B'}{d' + F'} - \frac{C'}{d' + F'} \left(\frac{d'}{r'} + \frac{F'}{R'} \right) - \frac{E'}{r' + R'} \right) \Big);$$

$$\frac{1}{F'''} = \frac{1 - m'''}{m'''} \left(\frac{1}{r'''} + \frac{1}{R'''} \right) + \frac{1 - m''}{m''} \left(\frac{1}{r''} + \frac{1}{R''} \right) + \frac{1 - m'}{m'} \left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{R'} \right) - \frac{1}{d'} \ldots\ldots \frac{1}{F'} = \frac{1}{f'} - \frac{1}{d'}.$$

Dans les téleſcopes d' = ∞, quand la lentille intérieure eſt de flint-glaſſ & les deux extérieures de crown-glaſſ. On détruira les couleurs en faiſant $\frac{1}{f'''} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{nf''}$. Lorſqu'il n'y a point d'intervalle entre les verres, $l' = l'' = l'''$, & $F' + d'' = 0$; $F'' + d''' = 0$; enfin $m' = m'''$.

Dans les téleſcopes d' = ∞. Quand les premiere, troiſieme & cinquieme lentilles ſont de crown-glaſſ, tandis que la deuxieme & la quatrieme ſont de flint-glaſſ, on anéantit l'aberration de réfrangibilité, en faiſant $\frac{1}{f^{v}} + \frac{1}{f'''} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{nf^{iv}} + \frac{1}{nf''}$, n déſignant le rapport qu'il doit y avoir entre le foyer des lentilles de flint-glaſſ & de crown-glaſſ, pour détruire les couleurs. Lorſqu'il n'y a point d'intervalle entre les verres $l' = l'' = l'''$ & $F' + d'' = 0$,

$F'' \doteq d''' \doteq 0$. C'eſt par les formules précédentes qu'on déterminera les dimenſions qu'il convient de donner aux courbures des verres pour anéantir l'aberration de réfrangibilité, & pour rendre celle de ſphéricité la plus petite poſſible; mais avant de leur donner les courbures preſcrites par l'analyſe, il ſera utile de calculer trigonométriquement l'aberration qui réſulte de ces différentes courbures, obſervant d'avoir égard à l'épaiſſeur des verres. Pour ſavoir ſi un objectif détruit les couleurs, il ſuffit de regarder deux objets également éloignés, l'un peint en rouge, & l'autre en bleu; lorſqu'on les voit tous les deux diſtinctement, c'eſt la preuve qu'il n'y a pas d'aberration ſenſible de réfrangibilité, puiſqu'alors les rayons rouges ont le même foyer que les rayons bleus.

Ce fut en 1765, que M. Dollond parvint à conſtruire une lunette achromatique, à triple objectif, de trois pieds & demi de longueur, & de 42 lignes d'ouverture; cette lunette amplifie les diamètres des objets juſqu'à cent vingt fois, avec toute la clarté & diſtinction néceſſaire aux obſervations les plus délicates. Un tel effet, qui équivaut à celui produit par les lunettes du célèbre Campani, de 30 à 40 pieds, ſembloit devoir procurer à l'Aſtronomie de plus grands avantages que celui de faire diſparoître l'incommodité qui réſulte de l'uſage de ces longues lunettes; mais la difficulté de trouver du flint-glaſſ aſſez épais, & en même temps aſſez parfait, pour être employé à la conſtruction de lunettes de même genre, beaucoup plus longues ſans doute, arrête les progrès de cet Art important. Ce fut en travaillant moi-même à une lunette achromatique à triple objectif de ſix pouces de diamètre, & de ſept pieds de longueur, que je trouvai dans la flexibilité du verre de flint-glaſſ un obſtacle qui me parut inſurmontable, tant que les plaques de bon flint-glaſſ n'auroient que trois ou quatre lignes d'épaiſſeur; car, dans un objectif de ſix pouces de diamètre, le verre de flint-glaſſ, lorſqu'il eſt deſtiné à faire une lunette de ſept pieds, eſt tellement concave, que le centre du verre a à peine une ligne d'épaiſſeur.

La raiſon pour laquelle les plaques de flint-glaſſ ſont minces, c'eſt que ce verre eſt ſoufflé : or, tout verre ſoufflé eſt ſujet aux filandres & aux tables; en effet, le Verrier cueille, avec le bout de ſa canne, une certaine quantité de verre qu'il ſouffle en ballon; mais la quantité qu'il prend eſt inſuffiſante pour donner à ſon ballon l'épaiſſeur convenable : il eſt donc forcé de plonger, à différentes repriſes, le bout de ſa canne dans le creuſet, pour enfler ſon ballon; d'où il ſuit que tout verre ſoufflé, lorſqu'il eſt épais, eſt néceſſairement formé par couches, & ces couches ne s'amalgament pas toujours parfaitement, & ſont quelquefois de denſités différentes. La ſeconde couche, par exemple, ne ſe lie pas intimement à la premiere, lorſque celle-ci eſt trop refroidie, & l'Ouvrier eſt toujours le maître d'éviter ce défaut. Les couches ſeront auſſi de denſités très-différentes, lorſque le Verrier prendra le fond d'un creuſet pour former la première couche de ſon ballon, & le commencement d'un autre creuſet pour former la ſeconde couche. En effet, le flint-glaſſ ne doit ſa grande diſperſion qu'au verre de plomb qui entre dans ſa compoſition : or, lorſque ce verre eſt dans un état de fluidité parfaite, les parties les plus peſantes tombent au fond du creuſet, & les plus légères montent à ſa ſurface, par conſéquent le même creuſet doit contenir des verres de différentes denſités. Les Opticiens nomment tables les couches qui n'ont ni une parfaite union, ni une égale denſité. Pour peu qu'on ſoit Opticien, on apperçoit dans preſque tous les verres ſoufflés d'une certaine épaiſſeur, des tables qui ſont très-ſenſibles; lorſqu'on regarde le verre par la tranche, on reconnoît encore qu'à la réunion des couches, il y a ſouvent des ſillons, qu'on nomme filandres ; ces ſillons ou filandres ſont des tuyaux infiniment capillaires, qui ne peuvent avoir aucune régularité ; d'où il ſuit une réfraction irrégulière, qui dilate la lumière des deux côtés du foyer dans un ſens perpendiculaire à l'axe de ces tuyaux : cette aberration eſt ſur-tout fort ſenſible, quand on regarde Jupiter avec des objectifs filandreux. Je penſe que ces filandres ſont ordinairement cauſées par des petits corps étrangers, qui s'attachent à la première couche du ballon, & qui empêchent l'adhéſion de la ſeconde couche dans ces parties; & lorſque l'Ouvrier ſouffle enſuite ſon ballon, il ſe fait à ces endroits des ſillons ou filandres, qui ſont toujours plus ou moins préjudiciables à la bonté des objectifs.

Dès que le Verrier a formé ſon ballon & lui a donné les dimenſions convenables, il le coupe & l'applatit pour en faire des plaques, telles qu'on les tire des Manufactures. d'Angleterre. Il ſemble que le flihtglaſſ ſeroit plus propre à l'optique, ſi les gens qui le fabriquent le couloient au lieu de le ſouffler. Cependant les Phyſiciens ont obſervé que, dans les machines électriques, les plateaux de glace ſoufflée étoient ſupérieurs, pour l'effet, aux plateaux de glaces coulées : j'ai auſſi fait la même remarque ſur les verres qui ont ſervi à faire les meilleurs objectifs connus ; j'ai reconnu, avec ſurpriſe, qu'ils étoient tous de verre ſoufflé. Quoi qu'il en ſoit de cette obſervation, il me paroît utile de faire [illegible] au Public du moyen que j'ai mis en uſage pour conſtruire un objectif, de ſix pouces de diamètre, avec des plaques de flint-glaſſ très-minces. Dès que j'eus détruit toutes les parties de mon plateau de flint-glaſſ, que je reconnus être défectueuſes, en les uſant avec du grès & un outil de fer triangulaire, j'expoſai mon verre à un feu aſſez violent pour l'amollir ; ce verre étoit placé dans un four propre à courber les glaces, il poſoit ſur un moule de terre convexe de la courbure que je voulois lui donner : auſſi-tôt qu'il fut amolli, je le fis refouler avec des pinces de fer, obſervant d'éviter les plis ; ce refoulement fut ſi bien ménagé, que mon plateau, qui n'avoit que trois lignes d'épaiſſeur, s'enfla de manière à avoir près d'un pouce d'épaiſſeur vers ſes bords ; & à l'inſtant qu'il n'eut que cinq pouces de diamètre, je l'enfermai par un anneau de ſix pouces de diamètre & de huit à neuf lignes d'épaiſſeur ; cet anneau étoit deſtiné à contenir les bords du verre amolli dans la juſte épaiſſeur qu'il convenoit de lui donner, & un ſecond moule de terre, de la courbure néceſſaire à la ſurface ſupérieure du verre, acheva de lui donner, par ſon poids, la forme qu'il importoit de lui procurer, pour qu'on fût diſpenſé, en le taillant, d'un long travail, & que l'on perdît le moins poſſible de cette précieuſe ſubſtance.

C'eſt ainſi que je me ſuis procuré des morceaux de flint-glaſſ, propres, par leur épaiſſeur & leur diamètre, aux plus grandes lunettes. L'Artiſte qui, ſous ma direction, eſt parvenu à donner au flint-glaſſ la forme déſirée, ſe nomme le ſieur *Ferret* ; je lui ai confié depuis un aſſez grand nombre de plaques, tant de flintglaſſ que de crown-glaſſ, & de verre de France ; il a conſtamment réuſſi à leur donner la forme que je déſirois. Je ſais bien que cette méthode n'a d'autre mérite que ſon application à la conſtruction des lunettes achromatiques ; car, dès l'enfance de l'Art de la Verrerie, on a ſu amollir le verre déjà fait, & lui donner des formes beaucoup plus difficiles ; mais ſavoit-on qu'on n'altéroit par-là, ni la bonté du verre, ni ſa réfraction, ni ſa diſperſion ? Au reſte, la perfection des lunettes achromatiques intéreſſe trop les progrès de l'Aſtronomie, pour qu'on puiſſe ſe permettre de rien négliger de tout ce qui peut y contribuer.

Dès que j'eus donné à mon verre de flint-glaſſ une bonne épaiſſeur, par le moyen que je viens d'indiquer, je parvins à faire une lunette achromatique, de ſept pieds, à triple objectif, qui faiſoit un effet beaucoup plus grand que les lunettes de M. Dollond, ſans cependant pouvoir lui donner une ouverture proportionnée à celle de 42 lignes, que les lunettes de cet Artiſte célèbre ſupportent ; la mienne n'a jamais pu porter qu'une ouverture de quatre pouces ; mais avec cette ouverture, elle amplifioit les diamètres des objets trois cents fois, avec toute la clarté & la diſtinction convenables aux obſervations les plus délicates. Voici les dimenſions que j'ai données aux trois verres qui compoſent le verre objectif, lequel a ſix pouces de diamètre ; le verre de crown-glaſſ, également convexe des deux côtés, a pour rayon 53 pouces ; ce verre eſt placé devant l'objet. Le ſecond verre eſt de flint-glaſſ, il eſt biconcave ; la concavité, qui n'eſt ſéparée que par un anneau de papier noir du verre de crown-glaſſ, a pour rayon de courbure 53 pouces ; l'autre ſurface de ce verre a pour rayon de courbure 38 pouces ; le troiſième verre eſt de glace de Veniſe ſoufflée, il eſt biconvexe ; la ſurface qui touche au verre de flint-glaſſ, a pour rayon de courbure 68 pouces ; la ſeconde ſurface de ce verre regarde l'œil, & a pour rayon de courbure 53 pouces ; la raiſon pour laquelle cet objectif ne ſupporte qu'une ouverture de quatre pouces, ne m'eſt pas bien connue. Je l'ai travaillé avec tant de ſoin, & j'ai paſſé un temps ſi conſidérable à lui donner le degré de perfection qu'il étoit en mon pouvoir de lui donner, que je ne peux me perſuader que ſes bords fuſſent détériorés, au point de ne pas comporter une plus grande ouverture.

J'ai ſeulement lieu de préſumer que les verres de flint-glaſſ & de crown-glaſſ n'ont pas exactement la proportion qu'ils doivent avoir, pour que l'aberration de réfrangibilité fût la plus petite poſſible; car, lorſque j'ai fait cet objectif, je n'avois pas encore eu l'idée du diaſporamètre: or, c'eſt cet inſtrument qui peut ſeul fixer cette proportion d'une manière préciſe: mais ma lunette, dans l'état où elle eſt, fait un trop grand effet pour qu'il fût prudent d'y toucher.

Lorſqu'on regarde les étoiles par les meilleurs téleſcopes, ou par les lunettes achromatiques les plus fortes, on ne les voit jamais comme des points; elles ſont ſintillantes, & l'on ne peut donner à leur diamètre aucune évaluation. Dans ces inſtrumens, les ſatellites de Jupiter n'ont pas de diſque terminé. Ce phénomène me paroît mériter l'attention des Phyſiciens; car c'eſt une règle générale, que toutes les fois que le diamètre d'un objet n'occupe pas ſur la rétine l'étendue d'une minute, il paroît toujours défiguré, quoique ſon image ſur la rétine ſoit bien terminée. En effet, regardez Jupiter avec une bonne lunette de Dollond, qui amplifie le diamètre des objets cent vingt fois, vous verrez le diſque de cette planete parfaitement terminé. Or, ce diſque, qui a une forme bien deſſinée avec ce groſſiſſement, ceſſera d'être diſtinct, lorſque la même lunette n'amplifiera le diamètre de la planete que cinq ou ſix fois. Les ſatellites de Jupiter offrent le même effet ; leurs diſques ne ſont jamais terminés, parce que, dans les meilleurs téleſcopes, ils ont de très-petits diamètres. Quelle eſt la raiſon de ce phénomène ? La vue ſeroit-elle comme le toucher ? Faudroit-il que la lumière occupât ſur la rétine une certaine étendue, pour la viſion diſtincte & les houpes nerveuſes qui tapiſſent le fond de l'œil ? Sont-elles trop groſſières pour les images des étoiles des ſatellites, & de tous les petits diamètres ? J'ai fait, ſur ce ſujet, un grand nombre d'expériences, & je me propoſe de ſuivre cet objet avec d'autant plus de ſoin, que je crois pouvoir parvenir à meſurer des petits diamètres en les dilatant dans un ſens ; car l'expérience m'a appris qu'alors les étoiles, même les plus ſcintillantes, étoient terminées. J'ai remarqué que toutes les fois que je décompoſois la lumière de Sirius, par un priſme placé devant un bon téleſcope, j'obtenois un ſpectre qui perdoit ſa ſcintillation dans le ſens où il n'étoit pas dilaté : ainſi, il n'eſt peut-être pas impoſſible de pouvoir, par ce moyen, connoître le diamètre des étoiles principales ; il ſuffira pour cela d'employer un priſme de criſtal de roche d'un angle fort petit, ſe mouvant le long de l'axe de la lunette. En ce cas, il ne faut pas que le priſme de criſtal de roche ſoit combiné avec un priſme de verre de France, qui le rende achromatique, puiſqu'il eſt au contraire néceſſaire que l'image de l'étoile ſoit dilatée dans le ſens de l'angle du priſme, pour qu'elle perde ſa ſcintillation dans le ſens oppoſé, qui n'éprouve de la part du priſme aucune dilatation. Je rendrai compte au Public de mes eſſais en ce genre ; je me propoſe auſſi de lui faire part, dans le même Mémoire, de ceux que j'ai déjà faits, ſur les couleurs des différentes taches de lune. Cette planete paroît jaune orangé dans toute ſa ſurface ; mais avec des verres de différentes couleurs, on pourra peut-être reconnoître les parties qu'un verre de certaines couleurs avive ou obſcurcit, & de là former des conjectures ſur les couleurs des différentes parties de cette planete.

J'ai encore tenté, dans mes voyages,

de faire des lunettes à voir ſous l'eau à une aſſez grande profondeur ; ce qui m'a fait eſpérer qu'on pouvoit y parvenir, c'eſt l'obſervation qui eſt connue de tous les Marins, qu'on ne voit jamais mieux les hauts-fonds que du haut des mâts. En général, plus on eſt élevé au deſſus de la ſurface de l'eau, & mieux on en voit le fond ; c'eſt même un ſpectacle tout-à-fait curieux, & qui m'a ſurpris, lorſque j'ai vu, pour la première fois, du haut d'une montagne de l'Iſle de France, qu'on nomme *le Pouce*, qui a 424 toiſes d'élévation, le port de l'Iſle de France ; il m'eût été facile, du ſommet de ce[illegible] montagne, de deſſiner les hauts-fonds dont le port eſt rempli, & de donner à ce tableau les diverſes nuances cauſées par l'inégale profondeur de l'eau, & par la nature du fond, qui eſt couvert de madrepores de différentes formes. C'eſt en cherchant la cauſe de ce phénomène, que je me ſuis convaincu qu'une lunette, dont l'objectif ſeroit plongé dans l'eau, & qui auroit des dimenſions relatives au paſſage des rayons de l'eau dans le verre, ſeroit très-convenable pour voir ſous l'eau à une grande profondeur : en effet, qu'eſt-ce qui fait que près de la ſurface de l'eau, on n'en voit pas le fond, tandis que du haut des mâts, ou ſur une montagne élevée, on voit ſous l'eau à une grande profondeur? Certainement ce ſont les reflets qui ſe font à la ſurface de l'eau, qui cauſent ſeuls cette différence : or, la lunette qui eſt enfermée dans un tube, & dont l'objectif eſt plongé dans l'eau, ne peut être expoſée à aucuns reflets; ainſi elle ſe trouve, de ce côté-là, jouir du même avantage que la montagne la plus élevée : bien plus, les rides de ſa ſurface ne troublent pas l'image des objets, & en amplifiant quatre ou cinq fois, elle procure le moyen de mieux reconnoître les petits objets. J'ai ſu, par M. le Chevalier de l'Iſle Beauchène, Lieutenant des vaiſſeaux du Roi, qu'un célèbre Ingénieur Suédois, qui eſt chargé de la conſtruction des baſſins de Carlſcroon (1), a eu la même idée que moi, & ſe ſert avec ſuccès d'une lunette ſemblable, pour voir dans l'eau à une aſſez grande profondeur : au reſte, les expériences qu'il eſt à propos de faire ſur ce ſujet, exigent qu'on ſoit à portée d'une rade où il y ait des fonds d'inégale profondeur ; le premier voyage que je ferai à Breſt me mettra à portée d'en faire l'eſſai.

---

(1) Les travaux que le Roi de Suède fait faire à Carlſcroon, port ſitué ſur la Baltique, excitent l'admiration des Etrangers. J'obſerverai, à ce ſujet, que les François, qui déſirent ſi ardemment un port dans la Manche, avec une rade à l'abri de la groſſe mer, en auroient obtenu un qui n'auroit pas été fort diſpendieux, ſi depuis qu'on s'en occupe on avoit pris le parti de faire des jetées pour rompre la mer, en coulant de vieux vaiſſeaux, chargés de leſte, dans des poſitions convenables, & choiſis par des Marins; ces vaiſſeaux auroient ſervi de noyaux à des bancs ou iſlots, qui ſe ſeroient formés dans un très-petit nombre d'années, par les dépôts journaliers qui ſe ſeroient faits

---

contre ces vaiſſeaux. J'en ai vu des exemples frappans dans le port de l'Iſle de France, où il ſe trouve pluſieurs bancs ainſi faits par des vaiſſeaux coulés ; ce moyen de faire des jetées eſt le plus ſolide & le moins diſpendieux.

FIN.

EXTRAIT
DES REGISTRES
DE
L'ACADÉMIE ROYALE
DES SCIENCES.

Des 25 Janvier, 26 Février, 9 Avril & 7 Juin, 1777.

MÉMOIRE *ſur un nouveau Micromètre objectif, par M. l'Abbé Rochon. Le 25 Janvier.*

LA difficulté de ſe procurer dans la chambre la plus obſcure, un ſpectre aſſez vif & aſſez étendu pour diſtinguer les différentes couleurs qui réſultent de la décompoſition de la lumière d'une étoile, me fit imaginer d'employer à cette recherche, le téleſcope armé de priſmes, de différens angles & de différentes denſités : ce moyen que j'ai employé avec ſuccès à la détermination préciſe du rapport de diſperſion, dans des verres de différentes denſités, peut s'appliquer avec le même avantage aux autres expériences indiquées par Newton. Il m'a paru ſur-tout très-propre à nous faire connoître avec préciſion la double réfraction des différens cryſtaux de roche; mais cette recherche m'a conduit à la découverte d'un micromètre objectif, qui m'a paru préſenter des avantages aſſez grands, pour devoir en faire part tout de ſuite à l'Académie. Ce micromètre eſt compoſé de deux priſmes de cryſtal de roche de même angle, & par conſéquent dont la double réfraction eſt la même, & dans tous les cas proportionnés à l'angle réfringent des priſmes; par la poſition reſpective de ces priſmes, on obtient des ſpectres qui s'écartent ou ſe confondent, ſelon la ſomme, ou la différence de ces angles. Il ne s'agit donc plus que de détruire l'effet qui réſulte de la forme priſmatique de chaque priſme, ſans diminuer cette double réfraction ſi favorable à la meſure préciſe des angles; & rien n'eſt plus facile, en appliquant à chaque priſme de cryſtal de roche, un priſme de verre de France, qui, comme on ſait, peut dans tous les cas anéantir les couleurs, & par conſéquent la confuſion qui en eſt une ſuite.

ADDITION au Mémoire, ſur un Micromètre fait avec du cryſtal de roche, par l'Abbé Rochon. Le 26 Janvier.

J'AI déjà fait voir que la double réfraction du cryſtal de roche pouvoit ſervir à meſurer de petits angles; mais je n'avois pas imaginé que ce moyen pourroit s'appliquer à toutes eſpèces de lunettes, quel qu'en ſoit l'effet, ſans altérer en aucune façon la diſtinction avec laquelle on doit voir les planètes, lorſqu'on veut meſurer leur diamètre, avec la préciſion qu'exige une obſervation auſſi délicate. La conſtruction du premier micromètre de ce genre que je préſentai à l'Académie, avoit quelques défauts auxquels la diſpoſition préſente remédie abſolument.

Ce moyen a d'ailleurs l'avantage d'être beaucoup plus ſimple & moins diſpendieux; il conſiſte en un ſeul priſme de cryſtal de roche, combiné avec deux priſmes de verre de France, pour détruire les couleurs.

On approche ou on éloigne du foyer de l'objectif des priſmes, de maniere que les deux images de Jupiter, ou de telle autre planète dont on voudra meſurer le diamètre, ſe touche: ce contact ſe juge avec une préciſion d'autant plus grande, que les deux images qui ſont égales en force, ſont auſſi bien terminées que s'il n'y avoit pas de priſmes, parce qu'ils ſont très-près de l'oculaire.

Je n'entrerai pas dans le détail des avantages de cette nouvelle conſtruction, & des inconvéniens de la précédente, me propoſant de donner ſur ce ſujet un mémoire détaillé, lorſqu'un plus grand nombre d'expériences aura fixé le degré de préciſion que peut comporter cet inſtrument.

MÉMOIRE *ſur le moyen d'employer la double réfraction du Cryſtal de Roche, à la meſure préciſe des petits angles; détermination des diamètres des planètes, par cette méthode & deſcription ſuccinte d'un Inſtrument deſtiné à donner avec exactitude la diſtance de la Lune aux Etoiles, lorſque cette diſtance n'excède pas vingt degrés. Lu à la rentrée publique de l'Académie des Sciences, le 9 Avril* 1777.

LA double réfraction d'une eſpèce de ſpath calcaire, connu ſous le nom de *cryſtal d'Iſlande*, décrite d'abord par Bartholin, a long-tems occupé les plus ſavans Mathématiciens.

Huyghens regardant par des priſmes de cryſtal de roche, la flamme d'une bougie, apperçut cet objet double; en ſorte que ce cryſtal qu'on ſait être d'une nature différente de celui d'Iſlande, jouit auſſi de cette ſingulière propriété. Newton fait dans ſon Traité d'Optique la même remarque au ſujet du cryſtal de roche; mais ſans entrer ſur cet objet dans aucun détail, quoiqu'il s'étende fort au long ſur la double réfraction qui a lieu dans le cryſtal d'Iſlande. Le moyen que j'employai d'abord pour rendre aſſez ſenſible les phénomènes de la double réfraction, pour les ſoumettre à de nouvelles recherches, fut de tailler ſphériquement les deux côtés d'un morceau de cryſtal de roche, l'un convexe d'un rayon de dix lignes, & l'autre concave d'un rayon de deux lignes. J'eus par-là, ſi je puis m'exprimer ainſi, une petite lunette maſſive, qui rendoit très-apparens, ſur des objets éloignés, les phénomènes de la double réfraction.

Pluſieurs expériences faites par cette lunette, ſembloient indiquer dans la formation du cryſtal, deux matières de différentes denſités, unies l'une à l'autre par couches parallèles, & en quantité preſque égale.

La théorie de la réfraction me fit penſer que des priſmes taillés dans les différens ſens de a cryſtalliſation, étoit le meilleur moyen de s'en aſſûrer.

J'en fis donc pluſieurs, tant de cryſtal d'Allemagne que de celui de Madagaſcar, que je préſentai ſucceſſivement devant un téleſcope. Je regardai enſuite la flamme d'une bougie, placée à une diſtance conſidérable.

Tous ces priſmes, hors un ſeul, donnoient deux ſpectres, les uns ſenſiblement d'égale force, & les autres d'une inégalité conſidérable.

Celui qui n'en donne qu'un, confirme l'aſſertion du Père Beccaria, qui, au rapport de M. l'Abbé Fontana, a trouvé dans le cryſtal le ſens dans lequel la double réfraction n'avoit pas lieu; ce qui pourroit le rendre propre aux inſtrumens d'optique.

Cette ſuite d'expériences ſemble donc confirmer, de plus en plus, l'hypothèſe des deux matières de différentes denſités, par couches parallèles; car ſans cela, comment expliqueroit-on le phénomène de la double réfraction, les inégalités qu'on y remarque, & qui ſont telles qu'il y a un ſens où il n'y a qu'une ſeule réfraction, comme dans le verre le plus homogène?

Sans m'arrêter plus long-tems ſur cette aſſertion, je reviens à la meſure de la double réfraction: on conçoit que, pour l'obtenir avec préciſion, il eſt néceſſaire de détruire les couleurs qui proviennent de la forme priſmatique du cryſtal, ſans toutefois diminuer ſa double réfraction.

Un priſme de verre de France de même angle, adoſſé à celui de cryſtal, de manière que l'angle de l'un répondoit à la baſe de l'autre, me fit obtenir une double réfraction parfaitement diſtincte, & ſenſiblement exempte de couleurs, telle enfin qu'on peut la deſirer.

Il eſt à remarquer, qu'on peut ſubſtituer au priſme de verre, un priſme de même angle de cryſtal de roche, pourvu toutefois qu'il ſoit taillé exactement dans le ſens où il ne donne qu'une réfraction; alors les couleurs ſont plus rigoureuſement détruites.

Les recherches dont j'ai à rendre compte, m'engagent à nommer milieu doublement réfringent, l'union de ces deux priſmes qui donnent la double réfraction, ſans donner de couleurs; cette dénomination préſente une idée exacte de leur effet.

J'adaptai, devant une bonne lunette, le milieu doublement réfringent dont je viens de parler ; je la dirigeai enſuite ſur un carré de carton, dont les côtés avoient ſix pouces. Je vis ce carré de carton double, & je jugeai le contact des deux images à 207 pieds ; ce qui donne la double réfraction de ce milieu doublement réfringent de 8 min. 18 ſec. Parvenu à déterminer, par cette méthode, la double réfraction du cryſtal de roche à la préciſion d'une ſeconde, je cherchai à l'employer à la meſure des petits angles.

La conſtruction ſuivante me parut remplir aſſez bien cet objet. Je pris deux milieux doublement réfringens, qui donnoient l'un & l'autre une double réfraction de 8 min. 18 ſec. Je les poſai l'un ſur l'autre ; celui de deſſous étoit attaché ſur un cercle fixe, & celui de deſſus ſur un autre cercle mobile & concentrique : par-là, je pouvois détruire l'effet de la double réfraction de chaque milieu, ou l'augmenter juſqu'à 16 min. 36 ſec. Ainſi, ſi le cercle mobile qui porte un des milieux doublement réfringent marque zéro, lorſque la double réfraction eſt anéantie, ce cercle marquera néceſſairement 180 deg., lorſqu'elle ſera de 16 min. 36 ſec. ; donc chaque degré de ce cercle répondra à 5 min. & dem. à peu près. Le ſeul défaut de ce micromètre, eſt de donner quatre images dans tous les points intermédiaires, compris entre zéro & 180 deg.

La conſtruction ſuivante obvie non-ſeulement à ce défaut, mais encore donne la meſure des petits angles, avec une préciſion à laquelle je n'aurois jamais ſoupçonné pouvoir atteindre.

Je prends un ſeul milieu doublement réfringent de 8 min. 18 ſec. ; par exemple, je le place dans le tuyau de ma lunette acromatique de 7 pieds, de manière qu'il peut parcourir en ligne droite tout l'eſpace compris entre l'objectif & le foyer.

Lors donc que ce milieu réfringent touche l'objectif, la lunette dirigée vers une étoile donne à ſon foyer deux images parfaitement égales, dont l'écartement eſt connu, puiſque c'eſt la tangente de 8 min. 18 ſec., ſur un rayon de 7 pieds, diſtance focale de l'objectif.

Mais ſi ce milieu doublement réfringent, au lieu de toucher l'objectif, eſt placé à un pied de ſon foyer, l'écartement qu'il produira dans les images ſera 7 fois moindre, puiſque les tangentes ſuivent toujours le rapport des rayons.

Enfin, ſi on place ce milieu exactement au foyer; ce qu'on reconnoîtra facilement par un trait de diamant, tracé ſur la ſurface du priſme de cryſtal de roche, qui, comme nous l'avons dit, entre dans la conſtruction de ce que nous nommons milieu doublement réfringent, & donne ſeul la double réfraction; ſi dis-je, on place ce milieu au foyer de l'objectif, il ne produira aucun écartement dans les images, c'eſt-à-dire, que l'étoile ne paroîtra plus double: ainſi dans cet exemple, pour meſurer des angles depuis zéro juſqu'à 8 min. 18 ſec. on a 7 pieds à faire parcourir à ce milieu doublement réfringent. Ce nouveau micromètre adapté à ma lunette acromatique de 7 pieds, à triple objectif, m'a donné les déterminations ſuivantes des diamètres des planètes.

Il eſt à remarquer que dans ces obſervations je me ſuis ſervi d'un ſeul oculaire de neuf lignes de foyer, pour ſimplifier, le plus qu'il eſt poſſible, la meſure de ces angles. La lunette dans cet état amplifie cent quatorze fois les diamètres des objets, avec toute la diſtinction & la clarté néceſſaires à des obſervations auſſi délicates, ſans que le micromètre puiſſe en aucune façon en altérer la bonté, d'autant que, dans les déterminations ſuivantes, il a toujours été très-éloigné de l'objectif.

Le 5 Avril, le tems étant clair & ſerein, j'obſervai Mars à 8 heures du ſoir par ma lunette armée de ce micromètre. Les deux images de cette planète étoient bien terminées, les taches qu'on remarque quelquefois ſur ſon diſque très-diſtinctes, & les deux diſques d'égale denſité de lumiere: je jugeai le contact précis des deux images de cette planète, lorſque le micromètre fut écarté du foyer de l'objectif de 33 lignes & dem. D'où je conclus ſon diamètre de 16 ſec. 2 par cette ſeule proportion: 1030 lignes diſtance focale de l'objectif eſt à 8 min. 18 ſec., angle conſtant de la double réfraction, comme 33 lignes & dem. diſtance du micromètre au foyer, eſt au diamètre de Mars.

J'obſervai enſuite l'anneau de Saturne, dont le contact des bords extérieurs éloigna le micromètre du foyer de 84 lignes; ce qui donne pour le grand axe de l'anneau 40 ſec. 6. Je trouvai de même le diamètre du globe de Saturne de 16 ſec. 9.

Quant aux deux diamètres de Jupiter, celui qui eſt dans le ſens des bandes, faiſoit écarter le micromètre de 78 lig., tandis que celui des pôles n'exigeoit qu'un écartement de 73 à 73 lig. & dem. Ainſi le grand diamètre de Jupiter étoit de 37 ſec. 7, & le petit diamètre au moins de 35 ſec. 3; donc la différence des diamètres eſt au plus d'un ſeizième.

Il eſt bien à remarquer, qu'une erreur d'une ſeconde, dans la meſure abſolue de la double réfraction, c'eſt-à-dire dans l'angle de 8 min. 18 ſec. du micrometre, ne produiroit pas dans la meſure du diamètre de Mars, par exemple, une erreur de 2 tierces, & qu'ainſi il y a moins d'erreur dans cet inſtrument, & les diviſions ſont plus ſenſibles que dans un ſecteur de 500 toiſes; car celle qui provient de l'incertitude du point de contact, dépend abſolument de la force de la lunette.

Enfin, plus ce micromètre ſera près du foyer, & on ſera toujours maître de cette condition, par un aſſortiment de priſmes de différens angles, moins il exigera de perfection, & plus il aura de préciſion.

On peut auſſi appliquer ce micromètre avec le même ſuccès aux microſcopes & à la meſure des plus grands angles, en ſe ſervant de priſmes de cryſtal d'Iſlande.

Les bornes de ce mémoire ne me permettant pas d'entrer dans plus de détails ſur ce ſujet, je paſſe à un autre moyen qui me ſemble donner avec aſſez de préciſion la meſure des plus grands angles.

L'inſtrument qui ſert à terre à meſurer les angles, eſt, comme on ſait, compoſé d'une portion de cercle diviſé, dont le centre porte deux alidades mobiles, ſur leſquelles on fixe des lunettes parallèlement au plan du limbe.

Le degré de préciſion de cet inſtrument dépend de la grandeur, de la juſteſſe, de ſes diviſions & de la force des lunettes qu'on y adapte; mais ſa grandeur a des bornes aſſez reſſerrées: le mouvement diurne, lorſqu'on l'emploie à prendre dans le ciel des angles, nuit à ſa préciſion. M. Bouguer ſentant ces difficultés, imagina, en 1748, un inſtrument, auquel le mouvement diurne ne nuit pas; c'eſt l'heliomètre ou l'aſtromètre. Pour en prendre une idée exacte, il faut ſe rappeler que, dans l'inſtrument deſtiné à prendre des angles, on peut placer les lunettes ſur les alidades, à volonté, pourvu qu'elles ſoient dans le plan de limbe. M. Bouguer profitant habilement de cette facilité, les poſa de manière à faire tomber le foyer des objectifs au centre du limbe. Cette conſtruction procure le grand avantage de réunir au foyer commun des objectifs, les deux objets dont on veut prendre l'écartement, & d'en juger le contact par un ſeul oculaire : mais l'obliquité des axes optiques, le centre de l'œil privé de lumière, tandis que les bords de la prunelle reçoivent inégalement les rayons des deux objets réunis, enfin les aberrations de ſphéricité & de réfrangibilité, qui empêchent même dans les lunettes acromatiques, qu'on ait un foyer précis, limitent l'uſage de cet inſtrument, & le réduiſent à la meſure de petits angles, dont la détermination a moins d'exactitude, qu'on obtiendroit par un ſecteur de même longueur, lorſque le mouvement diurne ne nuit pas à l'obſervation, parce que les diviſions ſont les mêmes dans les deux inſtrumens.

Une partie des défauts de l'aſtromètre de M. Bouguer, ſont corrigés dans le micromètre objectif, qui me ſemble un inſtrument différent : c'eſt bien, à la vérité, un objectif coupé en deux; mais il peut être convexe ou concave; il eſt adapté devant une lunette ou téleſcope : plus l'objectif coupé eſt de long foyer & plus il eſt exact, de ſorte qu'il me paroît qu'on peut le conſidérer comme un aſſemblage de priſmes, dont les priſmes du centre ont des angles infiniment petits, tandis que ceux des bords ont une grandeur proportionnée au diamètre de l'objectif & à ſa ſphéricité.

Cette diſpoſition a l'avantage de donner à la lumière une direction perpendiculaire au foyer, tandis qu'elle eſt oblique dans l'heliomètre. De plus, ſi devant un téleſcope de trois pieds on met un objectif de cent pieds, les diviſions ſeront les mêmes que dans un ſecteur de cent pieds. Les défauts de cet inſtrument ſont, 1°. que les priſmes ſphériques défigurent l'objet; 2°. que les objectifs coupés doivent être d'un tres-long foyer & d'un grand diamètre, pour donner des angles un peu conſidérables, & n'avoir pas à redouter d'erreurs dans les diviſions; 3°. les deux moitiés d'un objectif ont rarement le même foyer ou la même diſtinction ; & l'expérience m'a prouvé qu'on perdoit par tous ces moyens, non-ſeulement de la clarté, mais encore de la diſtinction.

Ces imperfections ſont, comme on voit, bien différentes de celles qui ont lieu dans l'aſtromètre de M. Bouguer ; & l'examen particulier de ces inſtrumens m'a fourni des vues pour celui que je propoſe de leur ſubſtituer.

Il conſiſte en deux ſyſtêmes de priſmes plans, parfaitement acromatiques. J'ai déjà donné les moyens de s'en procurer qui donnent une forte réfraction, ſans produire de couleurs, même devant un téleſcope.

Ces priſmes doivent être placés ſur des cercles mobiles, à côté l'un de l'autre.

Si chaque priſme acromatique donne une réfraction de ſix degrés, il eſt palpable qu'on pourra meſurer des angles depuis zéro juſqu'à 12 deg., & chaque minute répondra ſur chaque cercle à un demi-degré.

Placez cet inſtrument devant un aſtromètre, de ſorte qu'il ſoit éloigné des objectifs, vous jugerez par-là le contact des images ; n'ayant 1°. qu'une obliquité que vous êtes le maître de prendre, aſſez petite pour qu'elle ne ſoit pas préjudiciable à la viſion & à l'obſervation préciſe du point de contact.

2°. Vous n'aurez pas les aberrations qui naiſſent de l'obliquité des rayons ſur des priſmes ſphériques.

3°. Vous aurez plus de clarté dans le micromètre objectif.

4°. On aura des diviſions très-préciſes & très-étendues.

Les bornes qui nous ſont preſcrites ne me permettant pas d'entrer dans plus de détail ſur cet objet, quelqu'important qu'il puiſſe être.

Lu le 7 Juin.

CONTINUATION des Recherches précédentes.

LA lumiere, émanée du ſoleil qui traverſe des corps diaphanes, dont les ſurfaces ne ſont pas paralleles, ſe décompoſe, en ſe réfractant, & donne des couleurs d'autant plus diſtinctes & ſéparées, que l'angle formé par ces deux ſurfaces eſt plus grand, & le pouvoir réfringent du milieu plus conſidérable. L'ordre de ces couleurs eſt invariable, & Newton les a réduites à ſept dénominations principales, qui ſont; le rouge, le jaune, le verd, le bleu, l'indigo & le violet.

Si l'on ne donnoit pas aux facettes des pierres précieuſes la forme priſmatique, néceſſaire à la décompoſition de la lumière, elles ſeroient ſans éclat; le diamant même taillé en table, ne différeroit que par ſa dureté, d'un morceau de verre ou de cryſtal de roche. La théorie des réfractions preſcrit, ſans doute, invariablement la forme qu'il faut donner aux pierres précieuſes, pour leur faire produire tout le feu dont elles ſont ſuſceptibles; mais cette recherche, quelque agréable qu'elle puiſſe être, n'eſt pas faite pour nous occuper.

Ce qui nous importe de connoître, ce ſont les loix que la nature ſuit dans ces différentes productions, & de les appliquer avec avantage aux progrès des arts utiles.

Ce qui diſtingue principalement, aux yeux des Phyſiciens, le diamant des autres pierres cryſtalliſées, c'eſt ſa dureté, & ſur-tout la force avec laquelle il décompoſe la lumiere, par la forme priſmatique de ſes facettes.

Nous ſavons que les verres de plomp décompoſent, ainſi que le diamant, la lumiere beaucoup plus que les autres verres, & c'eſt en cela que conſiſte le jeu des ſtras; qui imitent par-là le feu des pierres précieuſes. Le plomb qui entre pareillement dans la compoſition du cryſtal d'Angleterre, connu ſous le nom de *flintglaſſ*, lui fait jouir du même avantage; & on a ſu, dans ces derniers tems, mettre à profit cette ſingulière propriété pour la perfection des lunettes, qu'on a rendues par-là acromatiques, c'eſt-à-dire, ſans couleurs.

On ſait donc maintenant que, plus il entre de plomb dans la compoſition d'un verre, plus il décompoſe fortement les couleurs, de ſorte que quelques Phyſiciens ont cru pouvoir juger de ſa qualité par ſon poids; mais les liqueurs légères, telles que l'éther, l'eſprit de vin & l'huile, renfermées dans des vaſes priſmatiques, donnent beaucoup plus de couleurs que l'eau ; ainſi la force diſperſive des milieux ne tient pas à la peſanteur. D'autres Phyſiciens ont penſé, d'après les diverſes expériences, que la production des couleurs tenoit au phlogiſtique, c'eſt-à-dire, que plus un milieu tranſparent contient de phlogiſtique, plus il décompoſe fortement la lumière. D'après cette hypotheſe, il s'enſuivroit que l'éclat du diamant eſt dû à la grande quantité de phlogiſtique qu'il contient : des expériences chymiques, ſoigneuſement répétées, prouvent en effet que c'eſt une matiere tellement combuſtible, que le feu diſſipe au point de n'en laiſſer le moindre veſtige. Quoi qu'il en ſoit, ſa forme exaèdre, lorſqu'on l'examine en ſortant de la mine, lui donne un rapport avec les cryſtaux de roche, qui affectent tous une forme régulière dans leur cryſtalliſation : ce rapport m'a engagé à examiner ſi le diamant avoit, comme le cryſtal de roche, la double réfraction.

J'ai donc mis à cet effet, en uſage, le moyen, dont j'ai déjà rendu compte à l'Académie, non-ſeulement pour bien diſtinguer les phénomènes de la double réfraction, mais encore pour la meſurer avec la plus grande préciſion. J'ai reconnu que le diamant ne jouiſſoit pas de cette ſingulière propriété ; caractère qui le diſtingue eſſentiellement des cryſtaux de roche : il ne ſeroit pas moins intéreſſant d'éprouver ainſi les autres pierres tranſparentes, d'autant que nous avons prouvé qu'on pouvoit employer avec ſuccès la double réfraction à la meſure des petits angles ; & la matière qui produira la double réfraction la plus forte, ſera celle par laquelle on parviendra à meſurer de plus grands angles avec le même degré de préciſion. Un très-beau morceau de cryſtal d'Iſlande, que M. le Duc de la Rochefoucault m'a donné récemment, m'a prouvé la poſſibilité de l'employer à faire de bons micromètres ; & je peux meſurer, par ce moyen, le diamètre du ſoleil, qui eſt une détermination importante & fondamentale de l'aſtronomie, avec le même degré de préciſion que j'ai meſuré le diamètre des planètes, par des micromètres de cryſtal de roche, c'eſt-à-dire, à l'incertitude près du point de contact, qui, comme on ſait, dépend de la force de la lunette ; & cette incertitude ne va pas, dans ma lunette de 7 pieds, à un dixième de ſeconde.

Pour donner une juſte idée de l'exactitude de ce micromètre, & faire voir en même-tems avec quelle préciſion on peut, ſans appareil, & dans le moment, reconnoître à quelle diſtance on eſt d'un objet d'un diamètre donné, je vais rapporter le fait ſuivant.

Un artiſte connu avoit meſuré la diſtance de ma chambre, au pavillon qui eſt au bout du jardin de la Meute : cet artiſte avoit trouvé cette diſtance de 210 toiſes, &, d'après cette détermination, avoit tracé ſur le mur des diviſions, pour la conſtruction d'un inſtrument que je lui avois commandé.

Convaincu de l'exactitude de cette meſure, j'avois fait placer à ce pavillon un cercle de ſix pouces de diamètre, pour fixer le rapport d'un carré de même diamètre à un cercle dans la détermination du point de contact : dès la première obſervation que je fis ſur ce cercle, la promptitude avec laquelle on connoît la diſtance, me fit vérifier la détermination de cet artiſte, ſur laquelle je n'avois aucun ſoupçon. Je trouvai la diſtance de 230 toiſes ; après pluſieurs obſervations, qui toutes donnoient le même réſultat, je vis qu'il y avoit une erreur de 20 toiſes dans la détermination priſe. Je la meſurai avec ſoin, & je trouvai qu'effectivement cette diſtance étoit de 230 toiſes deux pieds, c'eſt-à-dire, à deux pieds près des obſervations, dont le degré de préciſion ne peut s'écarter que d'un dixième de ſeconde, erreur qui dépend, comme nous l'avons dit, de l'indéciſion du point de contact. Or, comme il eſt facile, par des micromètres de cryſtal d'Iſlande, de meſurer des angles de 30 min., l'erreur d'un dixième de ſeconde ne donne ſur une diſtance de 3000 toiſes qu'une incertitude d'un pied : comment donc par les voies les plus pénibles, ayant égard à la dilatation des toiſes, aux inégalités du terrein, eſt-il poſſible d'atteindre à une préciſion plus grande ? Ainſi ces micromètres ont l'avantage de déterminer ſur terre les diſtances dont on ſe trouve d'un objet connu, tel qu'un homme dont la hauteur varie peu, ou des pièces d'artillerie ſur leſquelles il y a encore moins de variation, &c. avec une préciſion & une facilité difficile à imaginer.

Je ne ſuivrai pas plus long-tems ces applications ; j'obſerverai ſeulement que le cryſtal d'Iſlande qui a une force réfringente très-conſidérable, ne m'a pas paru produire des couleurs proportionnées à ſa réfringence. Je propoſe de ſuivre plus particulièrement une remarque auſſi importante, à laquelle je joindrai la partie électrique qui paroît auſſi moindre que dans le cryſtal de roche.

Je certifie les préſents Extraits conformes à leurs originaux & au jugement de l'Académie. A Paris, le 11 Juin 1777. Le Marquis DE CONDORCET.

EXTRAIT des Regiſtres de l'Académie Royale des Sciences.

Du 23 Août 1777.

D'APRÈS la lecture faite dans la ſéance du 16, d'un écrit intitulé :

Mémoire ſur un nouveau Micromètre & Mégamètre, préſenté à Mgr. de Sartine, Miniſtre de la Marine ; par l'Abbé Boſcovich, Directeur d'Optique pour la Marine, à ſon audience du 7 Mai 1777.

M. l'Abbé de Rochon a prié l'Académie, de vouloir bien être juge entre lui & l'Auteur du mémoire, touchant les prétentions que ce dernier paroiſſoit vouloir établir ſur une découverte, à laquelle lui ſeul croyoit avoir des droits, en ayant déjà depuis long-tems entretenu l'Académie. En conſéquence nous avons été nommés pour examiner cet objet de diſcuſſion, en rendre compte & donner notre avis ; c'eſt ce dont nous allons nous acquitter.

Un ſimple expoſé des faits, un précis clair & ſuccinct des travaux de M. l'Abbé de Rochon, & de l'état de ſes recherches à l'époque de la lecture du Mémoire de M. l'Abbé Boſcovich, mettront à portée de décider bien facilement auquel des deux concurrens appartient véritablement la découverte conteſtée.

M. l'Abbé de Rochon s'étoit occupé, dès l'année 1767, des moyens d'employer les priſmes à la meſure des angles, en les appliquant à l'aſtromètre. C'eſt ce que l'on peut voir dans un des Mémoires imprimés parmi ſes Opuſcules Mathématiques. Il ſe propoſoit, dans cet ouvrage, de rendre l'inſtrument de M. Bouguer propre à meſurer de plus grands angles, & il ſe ſervoit à cet effet de priſmes acromatiques qu'il plaçoit devant un des objectifs. Il eſt bien certain qu'alors, ſi l'héliomètre ne pouvoit meſurer, je ſuppoſe, par l'écartement ſeul de ces objectifs, qu'un angle de 12 deg., en l'armant d'un priſme dont la réfraction étoit de 6 deg., l'inſtrument meſuroit des angles juſqu'à 18 deg. La principale difficulté étoit, ſans doute, de rendre les priſmes acromatiques. L'Auteur diſoit y être parvenu, & avoir reconnu que les priſmes à trois verres étoient préférables aux priſmes compoſés de deux verres ſeulement.

Pluſieurs années après, c'eſt-à-dire en 1776, M. l'Abbé de Rochon s'occupa de nouveau des moyens de procurer aux priſmes ce parfait acromatiſme, ſi néceſſaire à la perfection des lunettes, & que l'on ne pouvoit ſe procurer juſqu'alors que par tâtonnement. Il y parvint, comme on le voit dans le Mémoire qu'il lut en préſence du Duc de Wirtemberg, le 24 Février 1776. Nous ne parlons ici de ces premiers eſſais, que pour faire voir la marche qu'il a ſuivie dans ſes recherches, & qui l'a conduit inſenſiblement à la découverte du nouveau micromètre. Ce fut à l'occaſion d'un travail particulier ſur les couleurs, communiqué à l'Académie le 13 Mars 1776, que M. l'Abbé de Rochon fit encore un nouveau pas. Cet Académicien cherchant à décompoſer la lumière d'une étoile, par le moyen de priſmes de verre adaptés au téleſcope, imagina de faire mouvoir l'un ſur l'autre deux priſmes de flintglaſſ, de 30 deg. chacun, pour repréſenter tous les priſmes depuis zéro juſqu'à 60 deg., & obtenir par-là toutes les dilatations du ſpectre, qui peuvent être opérées par tous les priſmes d'un angle au deſſous de 60 degrés.

D'après cette première idée, M. l'Abbé de Rochon ne fut pas long-tems à reconnoître combien on pouvoit tirer avantage pour la meſure des angles du mouvement circulaire dont il avoit fait uſage pour rendre ſes priſmes acromatiques, & ayant eu par la ſuite occaſion d'examiner plus particulièrement, qu'on ne l'avoit encore fait, la double réfraction du cryſtal de roche, il imagina d'employer la ſingulière propriété de cette matière, conjointement avec le mouvement circulaire dont il avoit précédemment fait uſage pour conſtruire un micromètre, propre à meſurer des petits angles avec la dernière préciſion. Et c'eſt là l'objet de l'annonce que M. l'Abbé de Rochon fit à l'Académie, le 25 Janvier de cette année, d'un micromètre compoſé de deux priſmes de cryſtal de roche de même angle, leſquels tournant circulairement l'un ſur l'autre, donnoient la meſure des angles. Pour rendre ces priſmes acromatiques, l'Auteur appliquoit ſur chacun un priſme de verre ordinaire.

Voilà la première mention qui fut faite à l'Académie, de ce nouveau micromètre. M. l'Abbé de Rochon, peu de jours après, en préſenta un modèle qui fut examiné & éprouvé dans la ſalle de l'Académie : perſonne ne dit avoir vu, ni entendu parler d'un inſtrument de ce genre, ou fait ſur les mêmes principes.

Quoique dans cet état l'inſtrument répondît aſſez bien au but que M. l'Abbé de Rochon s'étoit propoſé, cet Académicien s'apperçut bientôt qu'il pouvoit tirer encore un parti plus avantageux de ſes priſmes, & il ne tarda pas à imaginer une nouvelle conſtruction, qui remédiant abſolument à quelques imperfections de la première, rendoit ſon micromètre beaucoup plus ſimple, moins diſpendieux & plus parfait. C'eſt ce que M. l'Abbé de Rochon fit connoître par un petit écrit, lu le 26 Février, ſous le titre : d'*Addition au Mémoire ſur un micromètre fait avec du cryſtal de roche*. Cette addition, ou ce changement fait au premier micromètre, conſiſtoit à n'employer qu'un ſeul priſme de cryſtal de roche, combiné avec deux priſmes de verre de France, & à le faire mouvoir le long de l'axe, dans l'intérieur de la lunette. Ce mouvement direct, ſubſtitué au mouvement circulaire, donne pour échelle des angles que l'on veut meſurer, toute la longueur compriſe entre le foyer & l'objectif.

Voilà la véritable date, l'époque authentique de la découverte perfectionnée de M. l'Abbé de Rochon, établie d'une manière inconteſtable, d'après l'acte qu'il en a pris devant l'Académie & dans ſes regiſtres.

Ce n'eſt pas que l'invention n'eut, ſans doute, précédé de pluſieurs jours celui où elle fut communiquée à l'aſſemblée. L'un de nous doit même cet hommage à la vérité, d'atteſter que le 16 Février ayant été invité par M. l'Abbé de Rochon, à venir chez lui, voir *quelque choſe qui l'intéreſſeroit :* il s'y rendit le 19 ; & après avoir eſſayé le nouveau micromètre priſmatique à mouvement circulaire, adapté à une lunette, il eut communication de la ſubſtitution du mouvement rectiligne, dont M. l'Abbé de Rochon lui fit la démonſtration ſur le papier, & ce n'eſt que huit jours après, que cet Académicien en parla à l'aſſemblée.

Dans les deux derniers Mémoires que nous venons de citer, M. l'Abbé de Rochon s'étoit contenté de donner en peu de mots le réſultat de ſes recherches, & d'indiquer ſeulement la diſpoſition des priſmes de ſon micromètre : mais ſe propoſant de multiplier ſes expériences, de faire l'application de ſon inſtrument aux meſures céleſtes, & de l'étendre même à la meſure de plus grands angles, il promit de donner par la ſuite un Mémoire plus détaillé ſur ces différens objets ; c'eſt celui dont en effet il fit lecture à la ſéance de la rentrée publique, le 9 Avril, & dont voici le titre :

Mémoire ſur le moyen d'employer la double réfraction à la meſure préciſe des petits angles, détermination des diamètres des planètes par cette méthode, & deſcription ſuccinte d'un inſtrument deſtiné à donner avec exactitude la diſtance de la lune aux étoiles, lorſque cette diſtance n'excède pas 20 degrés.

C'eſt à ce dernier mémoire qu'il faut nous arrêter & donner une attention particulière, puiſqu'il renferme un détail de toutes les recherches que M. l'Abbé de Rochon avoit faites juſqu'alors, avec leur réſultat, & que par-là il nous fournit un terme fixe de comparaiſon, pour juger ſi ce que M. l'Abbé Boſcovich a publié poſtérieurement, ajoute quelque choſe à la découverte & aux idées de l'Académicien.

Dans le Mémoire en queſtion, M. l'Abbé de Rochon explique de nouveau les deux conſtructions de ſon micromètre précédemment imaginées, c'eſt-à-dire, la première dans laquelle il employoit deux priſmes de cryſtal de roche acromatiques, mobiles circulairement l'un ſur l'autre. La deuxième, dans laquelle il ne faiſoit uſage que d'un ſeul priſme de cryſtal de roche acromatique, mobile intérieurement le long de l'axe de de la lunette. L'Auteur rapporte enſuite l'eſſai qu'il a fait de ſon inſtrument, diſpoſé de cette dernière manière, à la détermination des diamètres de Mars, de Jupiter & de l'anneau de Saturne. Enfin, il s'occupe dans la dernière partie de ſon mémoire, de la meſure des grands angles, que ne peut lui donner la double réfraction du cryſtal de roche. En conſéquence, après avoir parlé de l'aſtromètre de M. Bouguer, de ſes défauts & des moyens de le perfectionner, il propoſe à cet effet de placer deux priſmes de verre de France à côté l'un de l'autre, au devant des objectifs fixes de cet inſtrument ; & faiſant tourner ces deux priſmes chacun ſéparément, circulairement ſur eux-mêmes, il prétend pouvoir meſurer des angles depuis zéro juſqu'à vingt degrés.

Voici donc une autre eſpèce de micromètre différent du premier, en ce que dans celui-ci, c'eſt le verre ordinaire que l'on emploie, & dans l'autre, c'eſt le cryſtal de roche. L'un ne peut meſurer que des angles de quelques minutes, l'autre meſure juſqu'à vingt degrés.

Nous ne devons pas laiſſer ignorer que, quoique M. l'Abbé de Rochon n'ait parlé à l'Académie de ce micromètre priſmatique de verre ſimple qu'à la ſéance du 9 Avril, il y avoit déjà bien long-temps qu'il l'avoit imaginé, comme le prouve un certificat que nous avons entre les mains, ſigné de M. le Marquis de Condorcet, & conçu en ces termes :

» Je certifie que le 27 Mars, M. l'Abbé de Rochon
» m'a fait voir à Paſſi ; un inſtrument deſtiné à me-
» ſurer des angles, & où il n'employoit que deux
» priſmes de verre ordinaire ; un de ces priſmes avoit
» un mouvement circulaire, & par conſéquent l'inſ-
» trument meſuroit des angles depuis zéro juſqu'au
» double de l'angle formé par chaque priſme. Je cer-
» tifie également que j'avois connoiſſance de cet inſ-
» trument, même avant cette époque, & que M.
» l'Abbé de Rochon m'en avoit expliqué la conſ-
» truction le jour (5 Mars), que j'ai fait à l'Acadé-
» mie le rapport de ſon mémoire ſur les micromètres,
» où il emploie des priſmes de cryſtal de roche. Cet
» inſtrument eſt le même dont M. l'Abbé de Rochon
» a fait mention dans ſon mémoire de rentrée, comme

» deſtiné à meſurer de plus grands angles. A Paris, » ce 31 Mai 1777. *Signé* le Marquis de Condorcet. «

Tel eſt l'expoſé fidèle des faits & des pièces authentiques qui viennent à l'appui ; tel eſt le contenu des Mémoires de M. l'Abbé de Rochon ; tel eſt le point juſqu'où il avoit pouſſé ſes recherches avant que perſonne eût réclamé aucun droit ſur ſes idées qu'il avoit données comme nouvelles : ſon micromètre faiſoit déjà depuis long-temps l'objet de l'attention & de l'entretien de pluſieurs Savans. Quelques-uns avoient même été témoins de divers eſſais, & expériences qu'il avoit faits, relativement à cet objet, lorſqu'à la ſéance du 16 Mai, c'eſt-à-dire, plus d'un mois après la lecture du mémoire de rentrée ; on préſenta, & on lut à l'Académie le Mémoire de M. l'Abbé Boſcovich, qui a donné lieu aux plaintes de M. l'Abbé de Rochon, & dont il convient de donner ici en peu de mots l'extrait.

L'Auteur, au commencement de ce Mémoire, paroît vouloir inſinuer qu'il avoit déjà eu les mêmes idées que M. l'Abbé de Rochon. Selon lui, dès qu'un de ſes amis lui eut parlé de la première diſpoſition du micromètre de M. l'Abbé de Rochon ; il dit tout de ſuite, qu'*il voyoit bien comment cela ſe faiſoit - mais qu'il y auroit beaucoup plus à gagner, ſi l'on rendoit variable la diſtance du priſme au foyer de la lunette.* Et ce ne fut que quelques jours après que le même ami lui annonça que M. l'Abbé de Rochon venoit d'imaginer de ſon côté, la même choſe dont il lui avoit parlé dernièrement, c'eſt-à-dire, de rendre variable la diſtance du priſme au foyer de la lunette, en le faiſant mouvoir le long de l'axe. Néanmoins M. l'Abbé Boſcovich n'attache aucune prétention à la découverte de ce mouvement rectiligne des priſmes ; il ſent trop bien le peu d'authenticité d'une ouverture de ce genre, faite en particulier à un ami : auſſi finit-il par dire très-judicieuſement : *M. l'Abbé de Rochon a réellement lu à l'Académie ſon Mémoire, & on en a fait mention dans les Gazettes ; ainſi il a imaginé la même choſe dans le même temps, & peut-être avant moi, & abſolument ſans avoir aucune connoiſſance de mes idées ſur le même objet, de l'avoir annoncé le premier au Public, de l'avoir exécuté & de s'en être ſervi le premier ; ainſi je n'ai rien à pré-*

rendre de ce côté là : il a le mérite d'une belle découverte, & l'Aſtronomie lui en aura toute l'obligation. Une pareille déclaration de la part de M. de Boſcovich, ne laiſſant lieu à aucun doute ni à aucune conteſtation ſur cet article, nous allons paſſer à un point plus eſſentiel, qui eſt l'objet véritable de ſon Mémoire.

M. l'Abbé de Rochon, dit M. Boſcovich, *n'a employé pour ſon micromètre que la double réfraction du cryſtal de roche, & l'on m'a aſſûré qu'il a dit que ſon priſme ne pouvoit lui donner que juſqu'à ſix degrés.*

Nous ne pouvons nous empêcher de nous arrêter ici, & de faire remarquer que ce ne peut être que ſur des rapports hazardés, que M. l'Abbé Boſcovich a fondé une pareille aſſertion. M. l'Abbé de Rochon n'a pas employé ſeulement la double réfraction du cryſtal de roche, puiſque dans ſon mémoire de rentrée, lu publiquement un mois avant que M. Boſcovich écrivît ceci, il a donné la deſcription d'un micromètre, composé de priſmes de verre ordinaire, propres à meſurer des angles juſqu'à vingt degrés. Il eſt encore moins vrai que M. l'Abbé de Rochon ait dit que ſon priſme ne pouvoit meſurer que juſqu'à ſix degrés. On ſait bien que la double réfraction du cryſtal de roche ne peut aller qu'à quelques minutes; & M. l'Abbé de Rochon, en parlant d'une meſure d'angles de ſix degrés, ne pouvoit avoir en vue la meſure des angles par le cryſtal de roche; ainſi cette ſeule expreſſion de ſix degrés, que M. l'Abbé Boſcovich ne donne que d'après les rapports qu'on lui a faits, prouve qu'il avoit été queſtion de la meſure d'angles par les priſmes de verre ordinaire.

Quoi qu'il en ſoit, en partant de cette fauſſe ſuppoſition, M. l'Abbé Boſcovich pourſuit, & dit: *ainſi je crois rendre un ſervice encore plus conſidérable, en propoſant cette autre eſpèce de micromètre à verre ſimple, en développant ſa théorie, en l'étendant aux angles beaucoup plus grands.*

Voyons à préſent la conſtruction de ce micromètre, & examinons en quoi il peut différer de celui de M. l'Abbé de Rochon.

M. l'Abbé Boſcovich propoſe ſucceſſivement diverſes conſtructions, qui ont toujours pour baſe, ou le mouvement circulaire, ou le mouvement rectiligne des priſmes inventés précédemment par l'Académicien.

Il paroît d'abord adopter le mouvement le long de l'axe d'un priſme de verre, qui ne couvre que la moitié de l'objectif. *En le pouſſant plus ou moins avant*, dit-il, *on changeoit la vivacité de la lumière des deux images, où l'on voyoit qu'on pouvoit les réduire à une clarté égale. En variant l'inclination de cette pièce, on varioit la diſtance des deux images qui n'avoit aucune variation en changeant hors de la lunette, la diſtance à l'objectif*, &c.

Mais un peu plus bas, il remarque très-judicieuſement un des inconvéniens de ce mouvement rectiligne dans l'intérieur de la lunette pour les priſmes de verre qu'il propoſe. *Il y a*, dit-il, *une raiſon particulière, pour laquelle on ne peut pas lui en donner un trop grand; car le rétréciſſement du pinceau des rayons appartenant à chaque point de l'objet, ne permet pas de l'en éloigner trop; ce qui, vers le milieu du champ, affoibliroit trop l'image directe, en interceptant une trop grande partie du même pinceau, & à la fin la feroit perdre totalement.*

D'après cette conſidération, pour pouvoir employer le ſeul mouvement rectiligne à la meſure du diamètre des aſtres, M. l'Abbé Boſcovich a recours à deux priſmes, qui, par le mouvement circulaire, lui donne la réfraction néceſſaire à l'obſervation qu'il ſe propoſe; ainſi, s'il veut meſurer le diamètre du ſoleil, qui eſt d'environ 32 min., il cherche par le mouvement circulaire de deux priſmes l'un ſur l'autre, à obtenir une réfraction plus forte que 32 min.; il la détermine enſuite par expérience, & la trouvant par exemple de 33 min., il ſe ſert du mouvement rectiligne de ces mêmes priſmes le long de l'axe, pour déterminer le diamètre du ſoleil, ſans être obligé de les écarter beaucoup de l'objectif.

M. l'Abbé Boſcovich paſſe enſuite à la meſure de grands angles, & voici la conſtruction à laquelle il paroît s'arrêter.

On peut, dit-il, *multiplier les priſmes compoſés acromatiques & à angles variables, en faiſant que, l'un donne les degrés de 5 en 5, ou de 2 en 2, & l'autre les minutes. On peut en mettre deux dehors près de l'objectif qui changeront la diſtance des images par le mouvement* *circulaire, & donneront l'angle cherché un peu plus grand que le véritable, & un autre dedans qui donnera avec toute préciſion les ſecondes.*

Voilà donc la véritable conſtruction de l'inſtrument de M. l'Abbé Boſcovich, pour meſurer de grands angles. Comparons-le à celui de M. l'Abbé de Rochon, connu plus d'un mois avant celui-ci.

L'Académicien met deux priſmes de verre à côté l'un de l'autre devant les objectifs d'un aſtromètre, & les fait tourner circulairement. M. l'Abbé Boſcovich met également devant l'objectif de ſa lunette deux priſmes de verre, & les fait tourner circulairement. L'Académicien s'en tient là : mais M. Boſcovich craignant, ſans doute, que le mouvement circulaire ne rende pas les ſecondes aſſez ſenſibles, ſe ſert, pour les meſurer, d'un troiſième priſme intérieur mû le long de l'axe.

Ce troiſième priſme eſt donc la véritable & ſeule addition faite à l'inſtrument, dont M. l'Abbé de Rochon a lu publiquement la deſcription le jour de la rentrée publique du 9 Avril : mais remarquons que le mouvement rectiligne de ce priſme le long de l'axe, eſt emprunté d'une découverte faite bien antérieurement par l'Académicien. D'ailleurs, dans cette dernière conſtruction de M. l'Abbé Boſcovich, le mouvement rectiligne ajoute-t-il de la préciſion au mouvement circulaire ? Car, qu'importe qu'on meſure exactement les ſecondes par l'un, ſi l'on n'a pas la meſure préciſe des minutes par l'autre.

Nous ne pouvons en conſéquence penſer autre choſe, ſi ce n'eſt que M. l'Abbé Boſcovich a été induit en erreur ſur l'état des recherches & des découvertes de M. l'Abbé de Rochon ; que ſi on ne lui eut point fait des rapports infideles, s'il eût bien voulu ne s'en rapporter qu'à lui-même, pour l'informer & s'inſtruire des faits & des matières traités par l'Académicien, il n'auroit certainement pas préſenté au Miniſtre & à l'Académie, comme neuves, des idées & des découvertes, dont l'honneur appartenoit déjà depuis long-temps à M. l'Abbé de Rochon. *Signé* le Chevalier de BORDA, BEZOUT, VANDERMONDE & CANNISI.

Je certifie le préſent Extrait conforme à ſon original, & au jugement de l'Académie. A Paris, le 30 Août 1777. Le Marquis de Condorcet, Sec. Perp.

EXTRAIT *des Regiſtres de l'Académie Royale de Marine.*

Extrait d'un Mémoire de M. l'Abbé de Rochon,

» Sur les moyens d'employer la double réfraction du cryſtal de roche, à la meſure préciſe des petits angles; détermination du diamètre des planètes à moins d'un dixième de ſeconde, par cette méthode & deſcription ſuccinte de l'inſtrument deſtiné à donner avec exactitude la diſtance de la lune aux étoiles, lorſque cette diſtance n'excède pas vingt degrés. Lu à la ſéance du premier Mai 1777.

» La conſtruction ſuivante évite tous ces défauts: Prenez deux priſmes plans achromatiques; j'ai déjà donné le moyen facile de s'en procurer, qui donnent une forte réfraction ſans produire de couleurs même devant un bon téleſcope; placez ces priſmes ſur des cercles mobiles à côté l'un de l'autre; ſi chaque priſme donne une réfraction de trois degrés, il eſt palpable qu'on pourra obtenir des angles depuis zéro juſqu'à ſix degrés, & chaque minute répondra ſur chaque cercle à un degré. Placez cet inſtrument devant une lunette, de ſorte qu'il ſoit à une bonne diſtance de l'objectif, vous jugerez par là le contact des images, ſans avoir cette obliquité ſi préjudiciable à la viſion; on ſent que l'écartement de cet inſtrument de l'objectif, doit être proportionné à ſon uſage & à ſa commodité.

» Les limites qui nous ſont preſcrites, ne me permettent pas de m'étendre davantage ſur ce ſujet, quelque important qu'il puiſſe être; j'ajouterai ſeulement qu'on peut appliquer deux ſyſtêmes des priſmes achromatiques l'un ſur l'autre qui donnent en ſomme une réfraction de dix degrés; par là on

» meſurera des angles ou des diſtances de la lune aux
» étoiles juſquà vingt degrés : il eſt peut-être poſſible
» d'étendre cet inſtrument à des angles plus
» grands, lorſque la lunette dont on ſe ſervira n'amplifiera
» que quatre ou cinq fois les diamètres des
» objets, & on ſait qu'un plus fort groſſiſſement eſt
» incommode à la mer dans les cercles ou *inſtrumens* à
» réflexions à cauſe des mouvemens du vaiſſeau. «

Je certifie le préſent Extrait que j'ai délivré, en vertu de la délibération du 9 Octobre dernier, conforme à l'original. A Breſt, le 13 Octobre 1777. DE MAGUERY, Secrétaire.

TABLE *qui ſert à déterminer l'angle qui réſulte de deux* priſmes *poſés l'un ſur l'autre ; l'angle de chaque* priſme *eſt ſuppoſé de trente minutes, afin que ces deux* priſmes *puiſſent, par leur poſition reſpective, faire le même effet qu'un ſeul* priſme, *dont l'angle ſeroit variable depuis zéro juſqu'à un degré : car lorſque les angles des deux priſmes*

A	B		A	B		A	B	
0^{d}	$0'\ 0''$	$32''$	15^{d}	$7'\ 50''$	$31''$	30^{d}	$15'\ 32''$	$30''$
1	0 32		16	8 21		31	16 2	
2	1 3		17	8 52		32	16 32	
3	1 34		18	9 23		33	17 2	
4	2 6		19	9 54		34	17 32	
5	2 37		20	10 25		35	18 2	
6	3 8		21	10 56		36	18 32	
7	3 39		22	11 27		37	19 2	
8	4 11		23	11 58		38	19 32	
9	4 42		24	12 29		39	20 2	
10	5 14	31	25	12 59		40	20 31	
11	5 45		26	13 30		41	21 1	
12	6 16		27	14 1	30	42	21 30	
13	6 47		28	14 31		43	22 0	
14	7 19		29	15 1		44	22 29	29

ſont dans le même ſens, alors leurs ſurfaces extérieures ſont un angle d'un degré ; mais lorſque la baſe de l'un répond au ſommet de l'autre, leurs ſurfaces extérieures deviennent paralleles. Ce point eſt celui de zéro, la colonne A *déſigne l'angle de poſition des priſmes, & la colonne* B *l'angle du priſme variable.*

A	B		A	B		A	B	
45^{d}	22′ 58″	29″	60^{d}	30′ 0″	27″	75^{d}	36′ 31″	25″
46	23 27		61	30 27		76	36 56	
47	23 56		62	30 54		77	37 21	
48	24 24		63	31 21		78	37 46	
49	24 53		64	31 48		79	38 10	24
50	25 21		65	32 15		80	38 34	
51	25 50	28	66	32 41		81	38 58	
52	26 18		67	33 7	26	82	39 22	
53	26 46		68	33 33		83	39 46	
54	27 14		69	33 59		84	40 9	23
55	27 42		70	34 25		85	40 32	
56	28 10		71	34 51		86	40 55	
57	28 38		72	35 16		87	41 18	
58	29 6	27	73	35 41	25	88	41 41	
59	29 33		74	36 6		89	42 3	22

TABLE *qui ſert à déterminer l'angle qui réſulte de deux* priſmes *poſés l'un ſur l'autre ; l'angle de chaque* priſme *eſt ſuppoſé de trente minutes, afin que ces deux* priſmes *puiſſent, par leur poſition reſpective, faire le même effet qu'un ſeul* priſme, *dont l'angle ſeroit variable depuis zéro juſqu'à un dégré : car lorſque les angles des deux priſmes*

A	B		A	B		A	B	
90^{d}	42′ 26″	22″	105^{d}	47′ 36″	19″	120^{d}	51′ 58″	16″
91	42 48		106	47 55		121	52 14	
92	43 10		107	48 13		122	52 29	15
93	43 32		108	48 32		123	52 44	
94	43 53		109	48 51		124	52 59	
95	44 15		110	49 9	18	125	53 14	
96	44 36	21	111	49 27		126	53 29	
97	44 57		112	49 45	17	127	53 43	
98	45 17		113	50 2		128	53 56	
99	45 38		114	50 19		129	54 10	13
100	45 58	20	115	50 36		130	54 23	
101	46 18		116	50 53		131	54 36	
102	46 38		117	50 10		132	54 49	
103	46 58		118	51 26	16	133	55 2	
104	47 17	19	119	51 42		134	55 14	12

ſont dans le même ſens, alors leurs ſurfaces extérieures ſont un angle d'un dégré ; mais lorſque la baſe de l'un répond au ſommet de l'autre, leurs ſurfaces extérieures deviennent paralleles. Ce point eſt celui de zéro, la colonne A *déſigne l'angle de poſition des priſmes, & la colonne* B *l'angle du priſme variable.*

A	B		A	B		A	B	
135^d	55′ 26″	12″	150^d	57′ 57″	8″	165^d	59′ 29″	4′
136	55 38		151	58 5		166	59 33	
137	55 50		152	58 13		167	59 37	
138	56 1		153	58 21		168	59 41	3
139	56 12	11	154	58 28	7	169	59 44	
140	56 23	10	155	58 35		170	59 46	
141	56 33		156	58 41		171	59 49	
142	56 43		157	58 48	6	172	59 51	2
143	56 53		158	57 54		173	59 53	
144	57 4	9	159	59 0		174	59 55	
145	57 14		160	59 5		175	59 57	1
146	57 23		161	59 11	5	176	59 58	
147	57 32		162	59 16		177	59 59	
148	57 40	8	163	59 21		178	59 59	
149	57 48		164	59 25	4	180	60 0	

TABLE *qui ſert à déterminer les rapports de réfraction de tous les milieux, tant fluides que ſolides. La colonne* A *comprend ces rapports, & les colonnes* B *donnent les réfractions qui ont lieu dans les priſmes, dont les angles ſont déſignés à la tête de chaque colonne.*

A	B 1^{d}	B 2^{d}	B 4^{d}
1,30.	18′	36′	1^{d} 12′
1,32	19′ 12″	38′ 24″	1^{d} 16′ 48″
1,34	20 24	40 48	1 21 37
1,36	21 36	43 12	1 26 25
1,38	22 48	45 36	1 31 14
1,40	24	48	1 36 2
1,42	25 12	50 24	1 40 51
1,44	26 24	52 48	1 45 39
1,46	27 36	55 12	1 50 28
1,48	28 48	57 36	1 55 16
1,50	30	1	2 0 5
1,52	31 12	1 2 24	2 4 53
1,54	32 24	1 4 48	2 9 41
1,56	33 36	1 7 12	2 14 29
1,58	34 48	1 9 36	2 19 1
1,60	36	1 12	2 24 5
1,62	37 12	1 14 24	2 28 54
1,64	38 24	1 16 48	2 33 42
1,66	39 36	1 19 12	2 38 32
1,68	40 48	1 21 36	2 43 20
1,70	42	1 24	2 48 10

TABLE qui ſert à déterminer les rapports de réfraction de tous les milieux, tant fluides que ſolides. La colonne A comprend ces rapports, & les colonnes B donnent les réfractions qui ont lieu dans les priſmes dont les angles ſont déſignés à la tête de chaque colonne.

A	B 6^d			B 8^d			B 10^d		
1,30	1^d	47′	42″	2^d	24′	11″	3^d	0′	40″
1,32	1	54	57	2	33	51	3	12	40
1,34	2	2	12	2	43	33	3	25	
1,36	2	9	27	2	53	13	3	27	
1,38	2	16	42	3	2	53	3	49	
1,40	2	23	57	3	12	33	4	1	
1,42	2	31	12	3	22	13	4	13	
1,44	2	38	27	3	31	53	4	25	20
1,46	2	45	42	3	41	33	4	37	20
1,48	2	52	57	3	51	13	4	49	20
1,50	3	0	12	4	0	53	5	1	40
1,52	3	7	27	4	10	33	5	13	20
1,54	3	14	42	4	20	13	5	25	40
1,56	3	21	57	4	29	53	5	37	40
1,58	3	29	12	4	39	33	5	50	
1,60	3	36	27	4	49	13	6	2	
1,62	3	43	42	4	58	53	6	14	
1,64	3	43	57	5	8	33	6	26	
1,66	3	58	13	5	18	13	6	38	20
1,68	4	5	28	5	27	53	6	50	20
1,70	4	12	44	6	37	32	7	2	20

TABLE qui ſert à déterminer les rapports de réfraction de tous les milieux, tant fluides que ſolides. La colonne A comprend ces rapports, & les colonnes B donnent les réfractions qui ont lieu dans les priſmes dont les angles ſont déſignés à la tête de chaque colonne.

A	B 12^d	B 14^d	B 16^d
1,30	3^d $37'$ $12''$	4^d 13 $44'$	4^d $51'$ $0''$
1,32	3 51 47	4 30 48	5 10 35
1,34	4 6 21	4 47 52	5 30 10
1,36	4 2 56	5 4 56	5 49 45
1,38	4 35 30	5 22 1	6 9 21
1,40	4 50 5	5 39 5	6 18 56
1,42	5 4 39	5 56 9	6 48 31
1,44	5 19 14	6 13 13	7 8 6
1,46	5 33 48	6 30 18	7 27 42
1,48	5 48 23	6 47 22	7 47 17
1,50	6 2 57	7 4 26	8 6 52
1,52	6 17 32	7 21 30	8 26 27
1,54	6 32 6	7 38 35	8 46 3
1,56	6 46 41	7 55 39	9 5 38
1,58	7 1 15	8 12 43	9 25 13
1,60	7 15 50	8 29 47	9 44 48
1,62	7 30 29	8 46 52	10 4 24
1,64	7 45 4	9 3 56	10 23 59
1,66	7 59 33	9 21	10 43 34
1,68	8 14 8	9 38 4	11 3 9
1,70	8 28 44	9 55 8	11 22 44

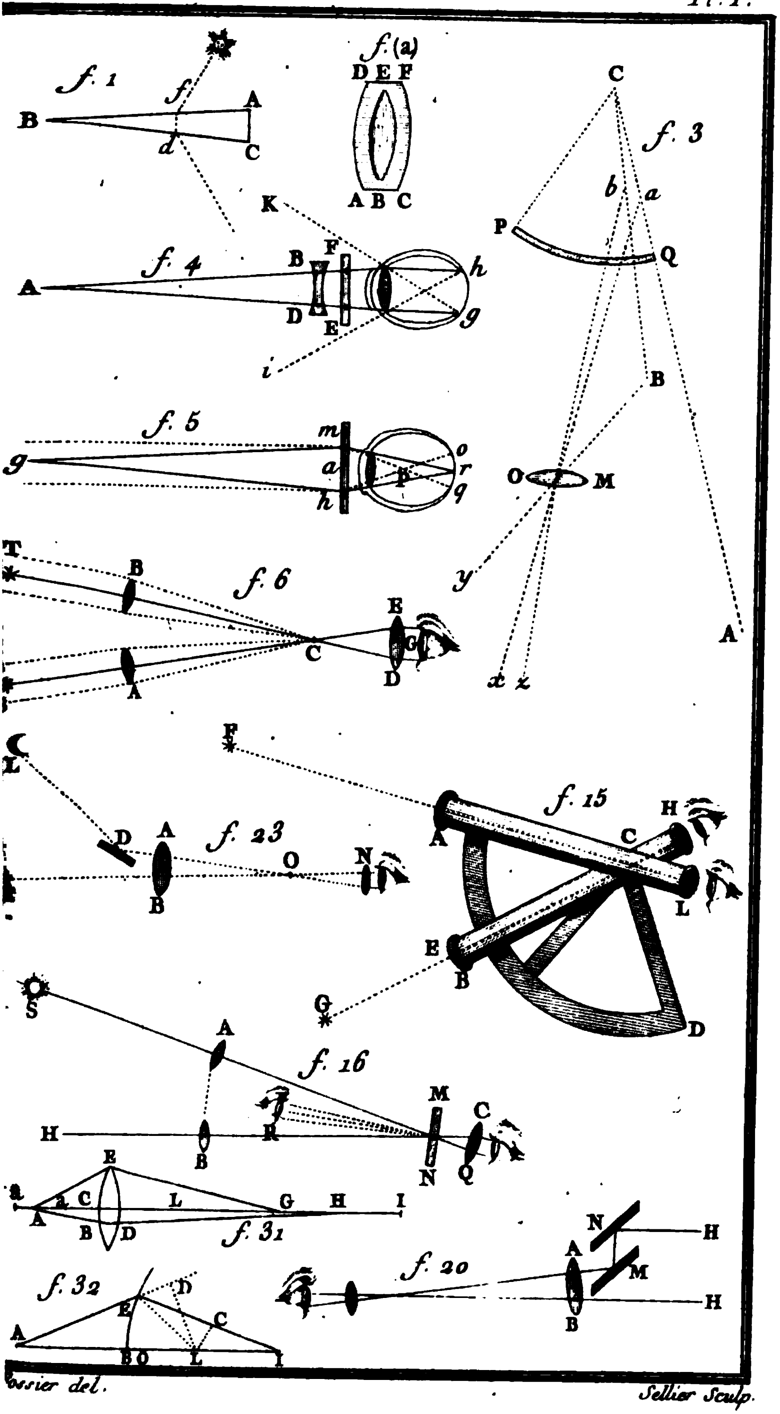
TABLE *qui ſert à déterminer les rapports de réfraction de tous les milieux, tant fluides que ſolides. La colonne* A *comprend ces rapports, & les colonnes* B *donnent les réfractions qui ont lieu dans les priſmes dont les angles ſont déſignés à la tête de chaque colonne.*

A	B 18d	B 20d	B 60d
1,30	5d 28′ 20″	6d 5′ 40″	21d 41′
1,32	5 50 30	6 30	22 34
1,34	6 12 39	6 55	24 8
1,36	6 34 49	7 19 20	25 40
1,38	6 56 58	7 44	27 16
1,40	7 19 8	8 8 20	28 50
1,42	7 41 17	8 33 20	30 28
1,44	8 3 27	8 58	32 6
1,46	8 25 36	9 22 20	33 44
1,48	8 7 46	9 47 40	35 28
1,50	9 9 55	10 12	37 10
1,52	9 32 5	10 36 20	38 54
1,54	9 54 14	11 1 20	40 42
1,56	10 16 24	11 26	42 30
1,58	10 38 33	11 51 20	44 22
1,60	11 0 43	12 16	46 14
1,62	11 22 52	12 40 40	48 10
1,64	11 45 2	13 5 40	50 8
1,66	12 7 12	13 30 40	52 12
1,68	12 29 32	13 55 40	54 16
1,70	12 51 32	14 20 20	56 22

TABLE deſtinée à donner la diſtance, lorſque le diamètre de l'objet eſt connu, ou à déterminer le diamètre de l'objet avec une très-grande préciſion, dans le cas que la diſtance fût connue, dans la ſuppoſition de la meſure préciſe de l'angle ſous lequel l'objet paroît. Cette Table ne s'étend que juſqu'à 20 minutes, parce que la double réfraction du cryſtal de roche, qui ſert à donner cette meſure préciſe, n'en comporte pas davantage.

	0''	10''	20''	30''	40''	50''
0'	0	20625	10312	6876	5156	4126
1	3438	2949	2579	2292	2063	1879
2	1719	1586	1473	1379	1298	1213
3	1146	1085	1031	982	958	897
4	860	825	793	764	737	711
5	688	665	645	626	607	589
6	573	557	543	529	516	503
7	491	479	469	458	448	439
8	430	421	412	404	397	389
9	382	375	368	362	355	349
10	344	338	333	328	322	317
11	312	308	303	299	295	291
12	287	283	279	275	271	268
13	264	261	258	255	252	248
14	246	243	240	237	235	232
15	229	227	224	222	220	217
16	215	213	210	208	206	204
17	202	200	198	196	195	193
18	191	189	188	186	184	183
19	181	179	178	176	175	173
20	172	170	169	167	166	165

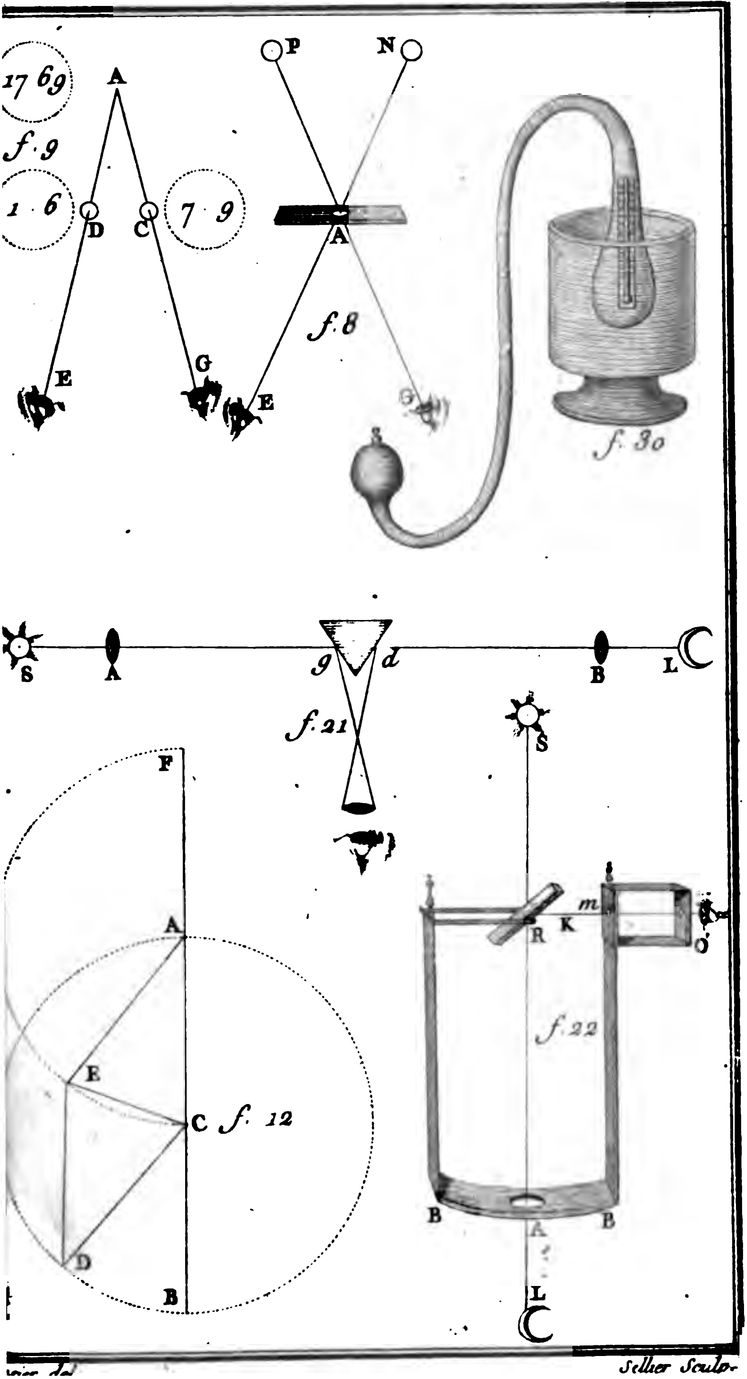
Pl. 1^{ere}


f. 1
B
f
A
d
C
f. (a)
D E F
A B C
C
f. 3
b
a
P
Q
K
f. 4
A
B
F
D
E
h
g
i
B
O
M
y
x z
A
f. 5
m
g
a
h
o
r
q
p
T
B
f. 6
E
C
G
D
A
F
L
D
A
f. 23
O
N
B
f. 15
H
C
A
L
E
B
G
D
S
A
f. 16
M
C
H
B
R
N
Q
E
a
a C
L
G
H
I
A
B
D
f. 31
N
H
A
M
f. 20
B
H
f. 32
D
E
C
A
B O
L
I

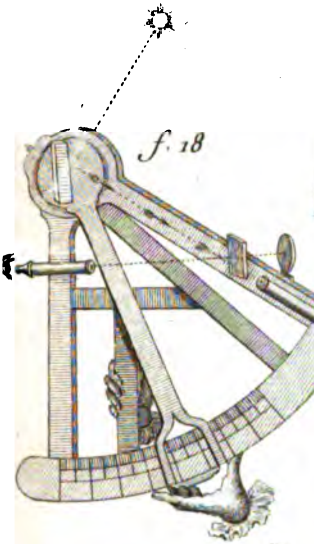
ossier del.

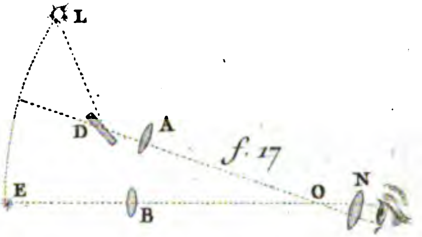
Sellier Sculp.

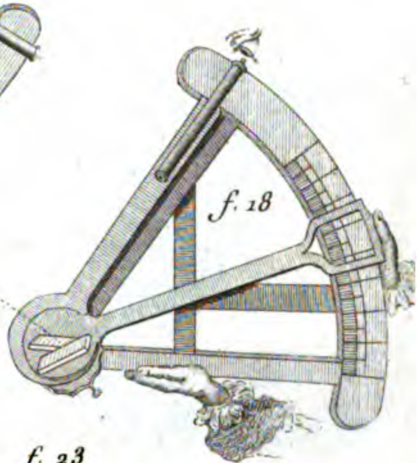
Pl. 2.

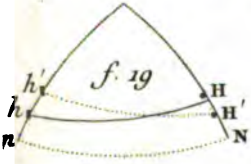

17 69
A
f. 9
1 6
D
C
7 9
E
G
P
N
A
f. 8
E
G
f. 30
S
A
g
d
B
L
f. 21
S
F
A
E
C
f. 12
D
B
m
R
K
O
f. 22
B
A
B
L

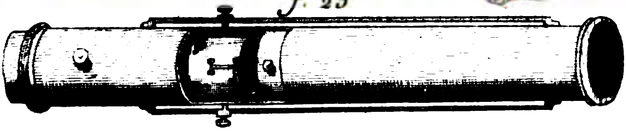
ier del. Sellier Sculp.

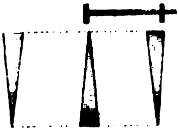


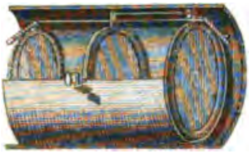

L
D
A
f. 17
E
B
O
N

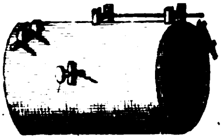


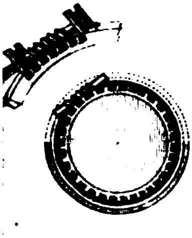


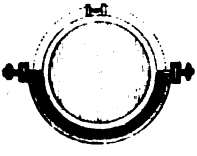


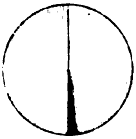


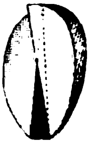






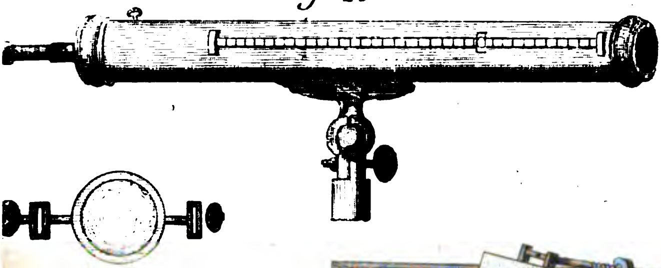




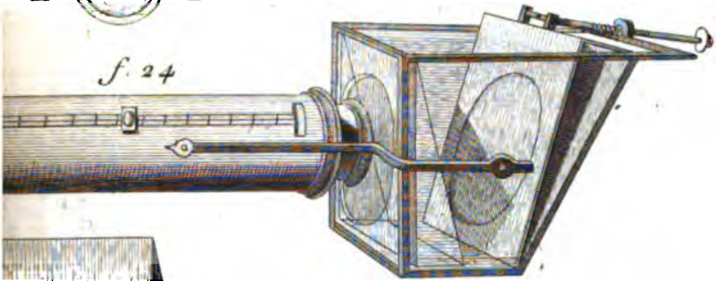


asier del. Sellier Scu

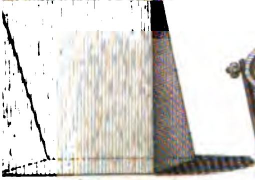
f. 23



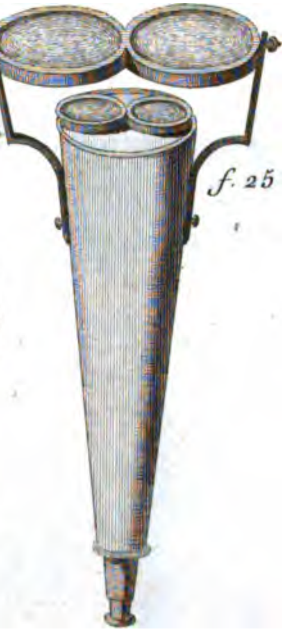
f. 24



f. 27

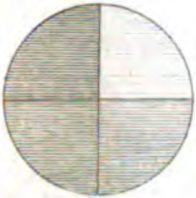


f. 26

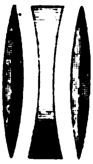


f. 25

f. 28

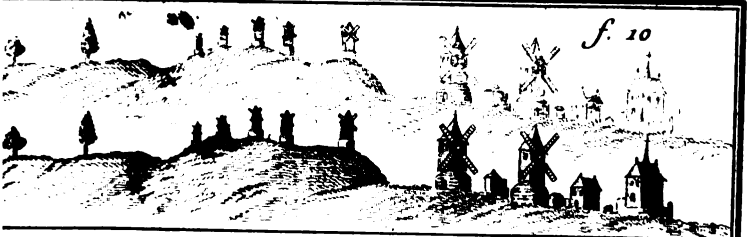


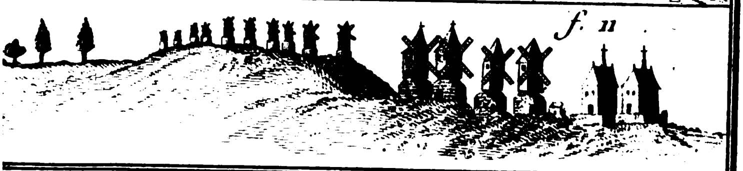
f. 29



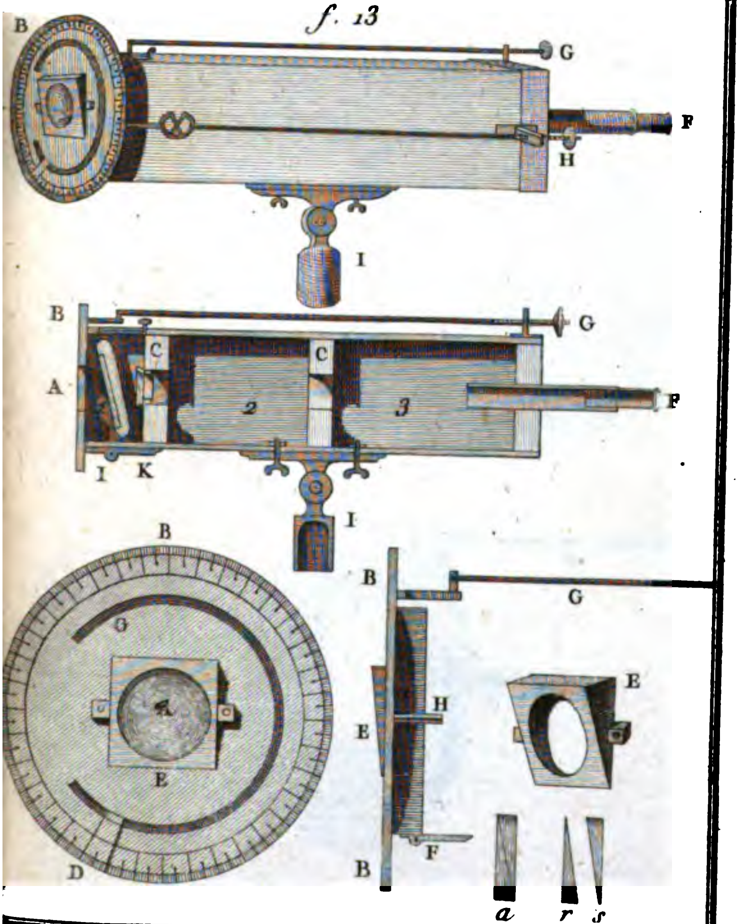
f. 28

wier del. Sellier Sculp


f. 10


f. 11

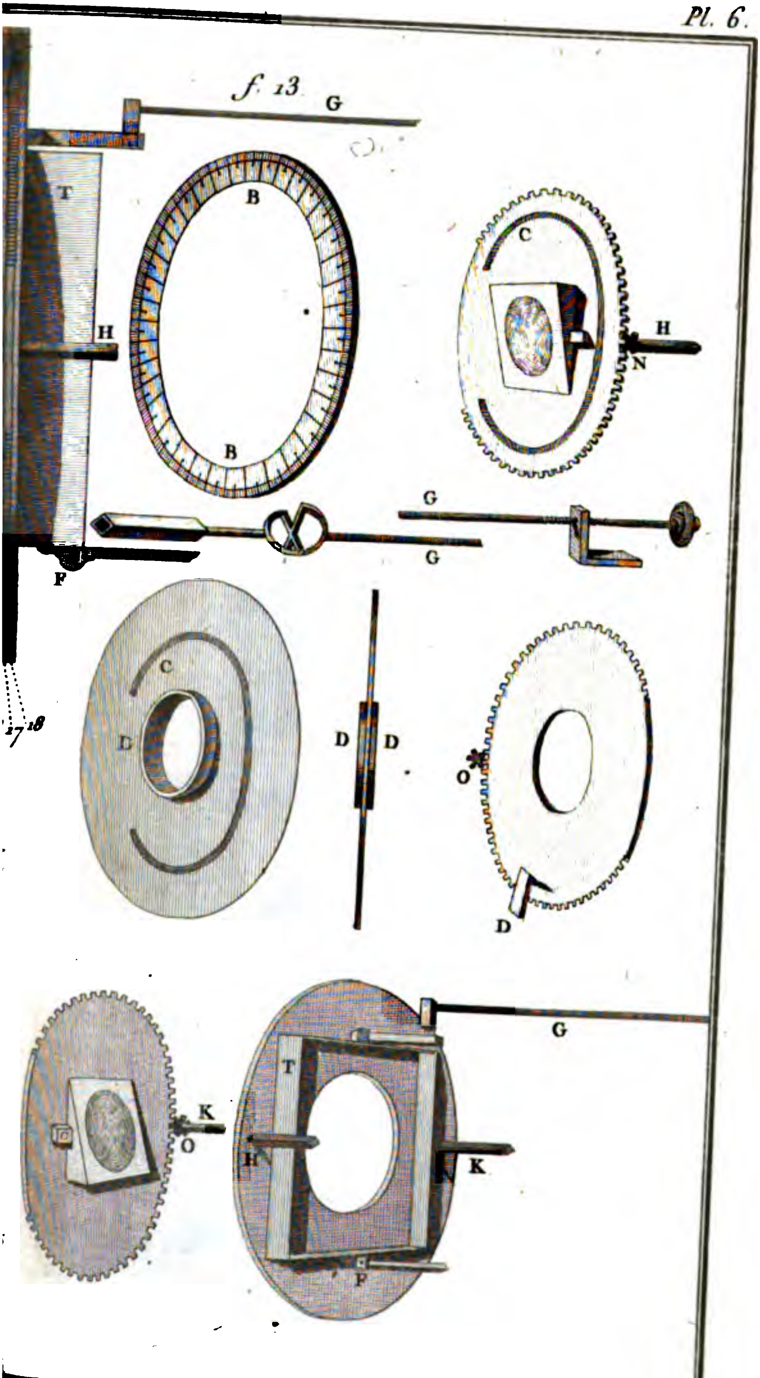
f. 13


B
G
F
H
I
B
G
C
C
A
2
3
F
I
K
I
B
G
E
D
B
G
H
E
F
B
E
a
r
s

ier del.

Sellier Sculp

Pl. 6.

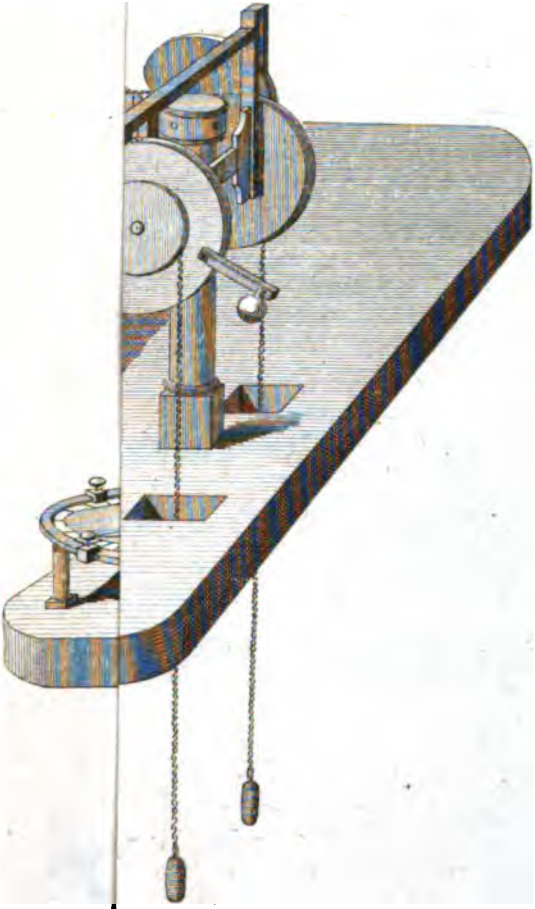


f. 13
G
T
B
C
H
H
N
B
G
G
F
17
18
C
D
D
D
O
D
K
O
G
T
H
K
N
F

ar del.

Sellier Sc

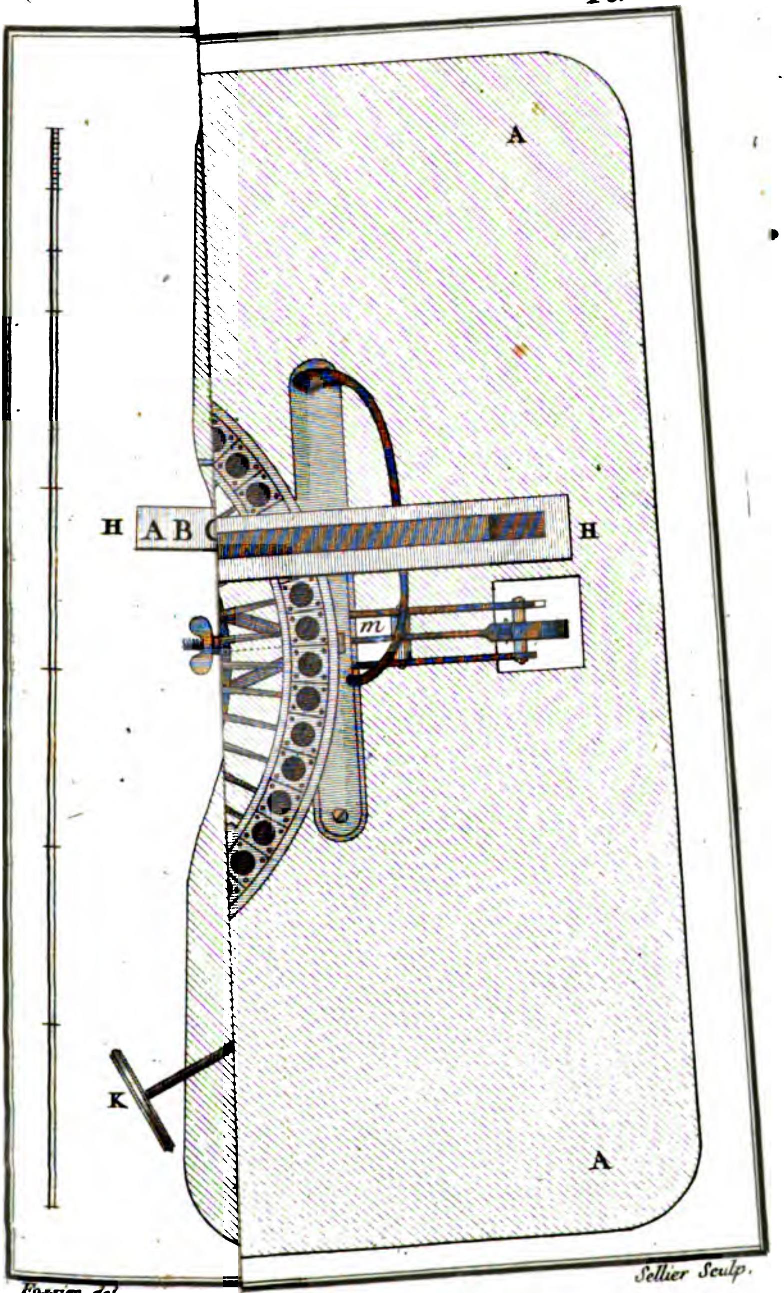
Pl. 7



Fossier del.

Sellier Sculp.

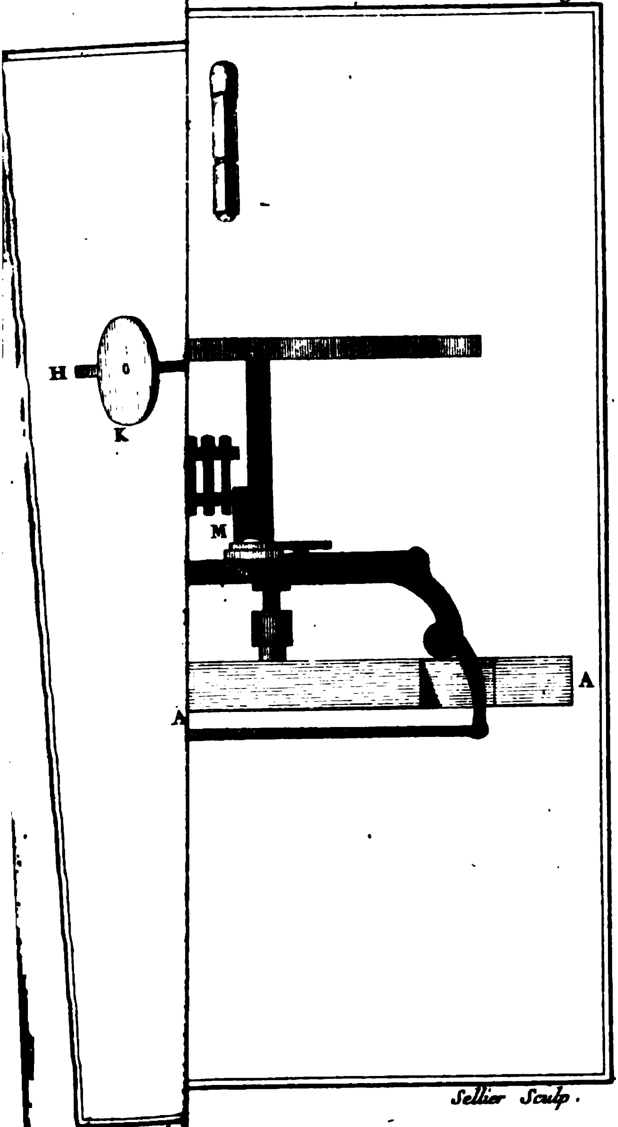
Pl. 8



Fossier del.

Sellier Sculp.

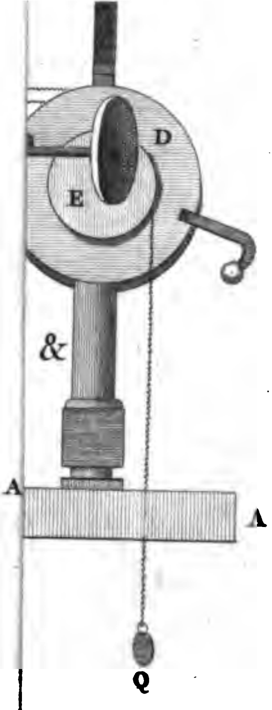
Pl. 9.



Fossier de

Sellier Sculp.

Pl. 10



Fossier del.

Sellier Sculp.

ESSAI DE GRAVURE

écuté en 1782 par le modèle de la Machine
Graver dont on a donné la Description dans
t Ouvrage.

* * *

Dieu parle et le Chaos se dissipe à sa voix,
rs un centre commun tout gravite à la fois,
ressort si puissant l'Ame de la Nature,
oit enséveli dans une nuit obscure,
compas de Neuton mesurant l'Univers,
ve enfin ce grand voile et les Cieux sont ouverts.
Il déploye à mes yeux par une main savante,
l'Astre des Saisons la robe étincelante.
Emeraude, l'azur, le pourpre, le rubis,
nt l'immortel tissu dont brillent ses habits.
hacun de ses rayons dans sa substance pure,
orte en soi les couleurs dont se peint la Nature,
t confondus ensemble, ils éclairent nos yeux,
animent le Monde, ils emplissent les Cieux.